NPO 法人有明海再生機構
公開干潟分科会
講演録

平成 19 年 9 月 30 日

佐賀県農協会館

NPO 法人有明海再生機構

NPO法人有明海再生機構　公開干潟分科会
プログラム

日時　平成19年9月30日（日）　13:30～16:30

（１）佐賀県委託事業「干潟・浅海域における底質の物質循環に関する研究」の全体計画について

（２）報　告

①堆積環境の変遷と堆積年代　　【復建調査設計株式会社　市原季彦】

ｷｰﾜｰﾄﾞ　堆積相解析、生痕相解析、津波堆積物、年代測定

②貝殻遺骸群集からみた環境変化　　【九州大学助教　下山正一】

ｷｰﾜｰﾄﾞ　貝殻遺骸群集解析、堆積環境、アサリ漁場の継続

③植物プランクトン遺骸群集からみた有明海湾奥部の富栄養化

【長崎大学教授　松岡數充】

ｷｰﾜｰﾄﾞ　植物プランクトン、休眠細胞、富栄養化

④有明海底泥の深さごと重金属濃縮から見た環境変化の歴史

【佐賀大学教授　田端正明】

ｷｰﾜｰﾄﾞ　金属濃縮、年代別環境変化

（３）全体討論

「テーマ：　過去から現在までの干潟・浅海域における底質環境の変遷」

（４）会場との意見交換

干潟分科会メンバー

座　長　松岡　數充　教授（長崎大学　環東シナ海海洋環境資源研究センター）
委　員　石松　惇　　教綬（長崎大学　環東シナ海海洋環境資源研究センター）
〃　　瀬口　昌洋　教授（佐賀大学　農学部）
〃　　田端　正明　教授（佐賀大学　理工学部）
〃　　堤　　裕昭　教授（熊本県立大学　環境共生学部）
〃　　百島　則幸　教授（九州大学　アイソトープ総合センター）
〃　　下山　正一　助教（九州大学　大学院理学研究院）
〃　　大串　浩一郎　准教授（佐賀大学　理工学部）
〃　　速水　祐一　准教授（佐賀大学　有明海総合研究プロジェクト）

目次

（１）佐賀県委託事業「干潟・浅海域における底質の物質循環に関する研究」の全体計画について

（２）報　告

①堆積環境の変遷と堆積年代　　【復建調査設計株式会社　市原季彦】

ｷｰﾜｰﾄﾞ　堆積相解析、生痕相解析、津波堆積物、年代測定

②貝殻遺骸群集からみた環境変化　　【九州大学助教　下山正一】

ｷｰﾜｰﾄﾞ　貝殻遺骸群集解析、堆積環境、アサリ漁場の継続

③植物プランクトン遺骸群集からみた有明海湾奥部の富栄養化

【長崎大学教授　松岡數充】

ｷｰﾜｰﾄﾞ　植物プランクトン、休眠細胞、富栄養化

④有明海底泥の深さごと重金属濃縮から見た環境変化の歴史

【佐賀大学教授　田端正明】

ｷｰﾜｰﾄﾞ　金属濃縮、年代別環境変化

（３）全体討論

「テーマ：　過去から現在までの干潟・浅海域における底質環境の変遷」

（４）会場との意見交換

NPO 法人　有明海再生機構

「公 開 干 潟 分 科 会」

【 事務局　】

皆さんこんにちは。それでは、只今から、公開干潟分科会を開催したいと思います。

私は、有明海再生機構の事務局の田中といいます。どうぞよろしくお願いいたします。本日は、お忙しい中、公開干潟分科会にご参加いただきありがとうございます。

再生機構では、平成 17 年度から 21 年度までの 5 か年の予定で佐賀県からの委託事業として、「干潟・浅海域における底質の物質循環に関する研究」を実施しております。この研究につきましては、再生機構に設置している干潟分科会で研究計画や分析結果に関する検討を行ってきております。本日は、これまでの 2 か年の研究成果を中間的に取りまとめて、併せてその内容を広く知ってもらおうということで、本日公開の形で干潟分科会を開催することにいたしております。

このため本日は再生機構の会員の皆様や有明海に関係しておられる皆様、更には一般の方々にもご参加いただき、後ほど皆様方の意見交換の時間を設けております。

それでは、早速でありますが座長の松岡先生、分科会の進行をよろしくお願いいたします。

【 松岡先生 】

はじめまして、長崎大学の松岡でございます。干潟分科会の座長を務めさせていただいております。これからしばらく進行をやらせていただきます。

この干潟分科会は、ご説明がありましたように、佐賀県の方からの委託で有明海再生機構が行っている事業という事になっております。過去 2 年間この事業が進んでまいりまして、本年度は 3 年目に入っておりますが、今日はそれぞれのメンバーがこの事業によって得られている成果を持ち寄って議論をし，今後に備えたいという趣旨でございます。

それでは、プログラムに沿って進めさせていただきますが、まず、この事業の全体像、それがどの様になっているのかという事を、佐賀県の方からご説明をいただこうと思います。よろしくお願いします。

（1）佐賀県委託事業

「干潟・浅海域における底質の物質循環に関する研究」の全体計画について

【 有明海再生課　久保 】

それでは、説明させていただきたいと思います。佐賀県有明海再生課の久保と申します。よろしくお願いします。この「干潟・浅海域における底質の物質循環に関する研究」を発案した経緯というのは、平成 12 年度にノリの大不作があって、それを契機として沢山の研究が成されてきております。その結果、有明海湾奥の底質が非常に悪化している、そういう事は充分広く知れ渡ったのですが、その一方で、平成 16 年当時は底質に関する体系的な研究が少ない。又、底質のコアを採って長期的な変遷をみた研究が少ないのではないかというそういった状況でございました。佐賀県としては、特に底質が悪化しているのが、有明海の湾奥という事でありまして、有明海の再生のためには、底質の再生、これに関する

研究が必要ではないかというところで、この研究を発案したところでございます。

その目的としましては、ここに書いていますが、有明海における干潟・浅海域における底質の環境について、健全だったと考える過去から現在に至るまでの長期的な変遷を把握すると共に、それぞれの時代の底質の物質循環を解明して、有明海の底質再生の見通しを明らかにする。そういったところを目的として、研究を始めたところでございます。この研究の実施にあたって、後でご説明しますけれども、分析なり、解析する項目が多方面に渡っております。そういったところで、有明海再生機構というところが色々な分野の先生、研究者を正会員とした機関でありまして、再生機構に、この研究を委託した方が効果的、効率的にこの研究が進むのではないかという事で、再生機構の方に委託研究を依頼したところでございます。17 年度から始めたところでございます。この再生機構については、知事も設立準備会のメンバーの一人でありまして、知事の意向として、再生機構と協働で有明海再生の研究を進めたいという思いがありまして、そういったところでも、再生機構に依頼してこの研究を委託しているところでございます。

佐賀県委託事業
「干潟・浅海域における底質の物質循環に関する研究」

Ⅰ目的

本研究では、有明海における干潟・浅海域の底質環境について、（健全だったと考えられる）過去から現在に至るまでの長期的な変遷を把握するとともに、それぞれの時代の底質の物質循環を解明し、有明海の底質再生への見通しを明らかにする。

（事業期間：平成17年度～平成21年度）

Ⅱ 事業内容

（1）底質堆積物のサンプル採取・分析等

①鉛直分布調査・・・・・深度5m程度の底質を採取する。

②広域面的調査・・・・・深度1m程度の底質試料を広域的に採取する。

③分析・解析項目

- 堆積相解析
- 生痕相解析
- 貝遺骸分析
- 渦鞭毛藻類
- 年代測定（^{210}Pb、^{137}Cs）
- 有機汚濁関係（TOC、AVS、T－N、T－P、）
- 安定同位体分析
- 微量物質分析（重金属、微量化学物質）
- 粒度組成等
- マクロベントス　等

具体的に事業内容等なのですが、先ほど言いました様に、まず底質のコアを採取して、長期的な変遷をみるという研究でございまして、まず、(1) がありますように、底質堆積物を鉛直方向に試料採取する。①の鉛直調査のところで、5m程度の堆積物の試料を採取する。これは、17 年度に実施しましたが、結果的に川副沖では 4m程度、鹿島の方が 2m程度の底質を採取しております。②で、広域面的調査という事で、1m程度のコアを採りまして、それ広域的に採取して分析する。その分析項目としては、底質環境の変遷を推定する項目としまして、堆積相解析、生痕相解析、貝遺骸分析、渦鞭毛藻類、年代測定、有機汚濁関係で、TOC、AVS、T‐N、T‐P、安定同位体分析、重金属や微量化学物質の分析、粒度組成、マクロベントス等、そういったものを、試料をとりまして、分析するようにしております。これは、17、18 年度に行ったところでございます。

続きまして、一方、過去の環境をシミュレーションで推定するために、シミュレーションの基礎的データを収集する必要があるのではないかということで、(2) にありますように、モデルパラメーターに係る現地データの収集、こういったものを計画しております。①として、浮遊系という事で、栄養塩類等の水質と植物プランクトン、②として、底生系という事で底泥の間隙水又は、底質、付着藻類、マクロベントス等

Ⅱ 事業内容（続き）

（2）モデルパラメータに係る現地データ収集

①浮遊系・・・水質（各態栄養塩類等）、植物プランクトン

②底生系・・・底泥間隙水（各態栄養塩類等）、
底質（粒度組成、ORP、各態栄養塩類等）、
付着藻類、マクロベントス等

③係留調査・・・連続観測（流向・流速、濁度、水温、泥温等）

（3）分析結果の評価

上記分析結果等により、底質環境の長期的変遷を検討を行うとともに、干潟を含む有明海湾奥部の過去の環境をモデルにより再現し、底質再生の見通しを明らかにする。

を分析するようにしております。③として、流向、流速、濁度、水温、泥温等を係留調査で連続観測するようにしております。以上（1)、(2）の結果等を元に底質環境の長期的変遷の検討を行うと共に、干潟を含む有明海湾奥の過去の環境をモデルにより再現し、底質再生の見通しを明らかにする、こういった事をやりたいと思っております。

続きまして、年次計画なのですが、この事業は17 年度から始まりまして、21 年度までの 5 か年で考えておりまして、初年度の 17 年度には全体計画を策定しております。昨年度は、この全体計画を一部見直しております。17 年度に鉛直分布調査という事で、先ほど言いましたように、4mと 2mの深さの底泥堆積物を採っております。次、3 つ目なのですが、広域面的調査という事で、18 年度に約 1mの泥を採って行なっております。ただ一部の点が不十分ではないかという事で、そういうご指摘を受けまして、20 年度にもう 1 点面的調査を、1mのコアを採れたらと思っております。続きまして、4 つ目で、モデルパラメーターに係る現地データ収集という事で、これは、19、20 年度にやりたいと思っております。次に、底質環境の長期的変遷に関する検討という事を今年度から 3 か年続けて、こういったものをこの干潟分科会の中で議論していただければと思っております。あと最終年度に底質の物質循環に関する検討と総合とりまとめという事を最終年度にやっていただければと思います。

Ⅲ 年次計画

	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度
・全体計画の策定					
・鉛直分布調査					
・広域面的調査					
・モデルパラメータに係る現地データ収集					
・底質環境の長期的変遷に関する検討					
・底質の物質循環に関する検討					
・総合とりまとめ					

この事業については、各年度に一千万円という限られた予算でやっておりまして、再生機構や先生方には、少ない予算の中で、相当迷惑を掛けてやってもらっているところなのですけれども、よりよい成果を出していただければと思っております。

簡単ですけれども全体計画は以上のとおりです。

【 松岡先生 】

はい、ありがとうございました。

今、ご説明がありました様に、この事業を進めるにあたっての考え方が 2 つありまして、1 つは我らの有明海が現在の様な有明海、非常に生態系に大きな痛手があるといいますか、そういう状況に立ち至ったプロセスというものをやはり明らかにしていく必要があるだろうということです。つまり、現在というのは、過去から引き続いて現在があって、未来を見通す場合には、そういう流れの中でどのように未来が見えてくるのかという、そういう考えのもとで、過去の事を出来る限り詳細に把握したいということが一点でございます。そういう事を明らかにする 1 つの方法として、モデルというのがございます。つまり、現在の状況、現在我々が取得する事が出来る様々な環境の要因、あるいは生態系の情報、そういったものを多く見込んだモデルを、そういう情報を数値化してモデルを作り、そのモデルを基にして未来というものを考えていこうとするのですが、そのモデルの妥当性を検証する 1 つの考え方として、そのモデルが過去のある時点の状況をきちっと再現出来るのかという事も視野の中に入れることが重要です。その 2 つの考え方をもって、この事業が展開されているという事でございます。過去 2 年間進めてまいりまして、先ほど申しましたように、今年度は 3 年目に入っております．過去 2 年間では、底質を採取して、その底質の中に記録として残されている様々な情報を取り出すとう作業をいたしました。それは、言ってみればテープレコーダーに記録されている情報を出来るだけ細かく取り出すという作業

になる訳ですが、それは取り出す側の能力にかかっていると言ってもいいのかもしれません。ところで、先ほど説明がありました様に、いくつかの分析、解析の項目が挙げられておりますけれども、実はこの中でまだまだ不十分なところも無きにしもあらずということです。それは、我々のグループのある意味では限界ということを示しているのかも知れません。しかし、今までやってこられた同様の調査研究に比べますと、はるかに情報量の多い調査研究がなされてきていると考えられます。今までこの干潟分科会では、そのようなデータを取得して、報告書をホームページ等に掲載しておりますけれども、このようなデータをそれぞれ異なった分野のメンバーが充分に吟味して、議論するという機会があまりございませんでした。2 年間で一段落ついたこの時を機会にして、それぞれ異なった分野の研究者が 1 本の堆積物、そういった物から抽出した記録をお互いに読み取って、ディスカッションしようというのが、今日の公開分科会の趣旨です。

それでは、個々にどの様な調査研究がなされてきたのかについて、これから 4 名のメンバーによって説明していただこうと思っております。最後に全体討論を設けさせていただいております．個々のメンバーによって発表していただく内容に関しましては、時間があれば質問をお受けしたいと思いますけれども、ない場合には、後の総合的な議論でお受けしたいと思っております。

堆積物の研究をする場合には、その堆積物をいかに乱さずに採取するかという技術が必要です．これは非常に難しい技術であります。乱さずに堆積物を採取する技術は、近年非常に進んでおります。そういう技術を持っておられる復建調査設計株式会社の方に堆積物の採取、それから堆積物相の解析、あるいは堆積物に残されたベントスの痕、底生生物の跡、こういったこの解析をお願いしました。

復建調査設計の市原さんには「堆積環境の変遷と堆積年代」というタイトルでご報告をいただきたいと思います。まず、堆積物をどのようにして採取し、それをどのように処理をしていくのかというところ、それから、一部その中に含まれている生痕の情報等について、お話をいただきます。

それでは、市原さんよろしくお願いします。

(2)　報　告

①　堆積環境の変遷と堆積年代

キーワード　堆積相解析、生痕相解析、津波堆積物、年代測定

【 市原氏 】

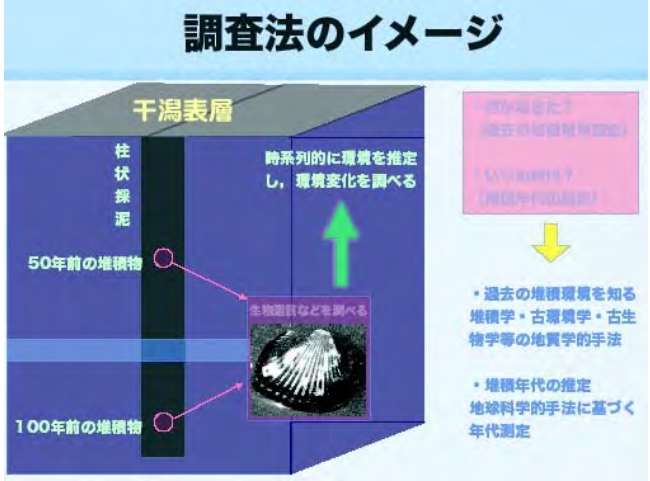
ご紹介に預かりました復建調査設計の市原と申します。よろしくお願いします。

先ほどから、久保さんと松岡先生の方からもお話がありました様に、我々干潟分科会として、主目的としまして、過去から現在までの干潟・浅海域における底質環境の変遷を知るということを主目的としまして、それを知ることによって再生に結び付けるという、そういった視点から研究に取り組んでおります。

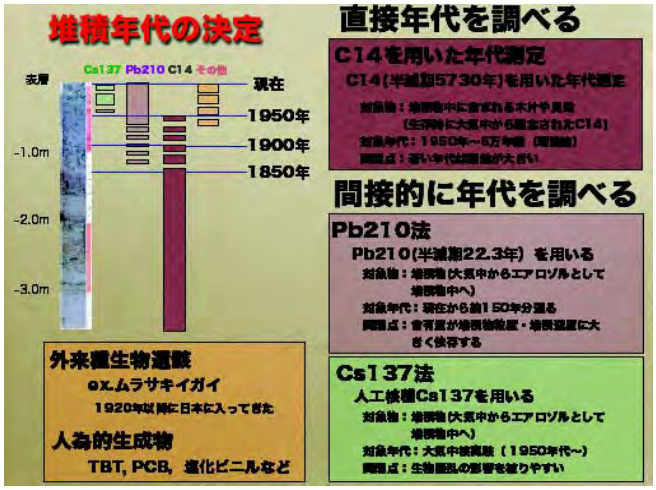
私の方でお話しますのは、まず対象としましては地層の採取をジオスライサーという方法で採取したのですが、先生方が分析された試料というのも基本的にその試料を用いて行っておられます。それとその試料を用いました実際の解析、これは堆積環境の変遷を調べるという手法としまして、地質学の中では一般的な方法なのですが、そういった方法で過去の環境を知ることとしました。地質学の中で一般的なのですが、一般に知られている様なものではないので調査のイメージから先にご説明させていただきます。

まず、対象としまして干潟というのを表面からずっと下の方に泥とか砂とかがたまっておりますが、下の方ほど古い地層というものがたまっております。それが年々新しい物が積み重なって現在の地表と

いう物になるわけです。逆にこの中を解析する事によって時系列的に環境の変化というものを読み取っていくという事が可能です。勿論これはずっと連続的にいっているわけではないのですが、断片的になる部分もありますけれども過去に他に実測されているデータが無いような場所でもこの地層からの解析を用いますと、過去の状態というのをある程度把握出来るという事で、こういった方法で調査・研究を進めております。

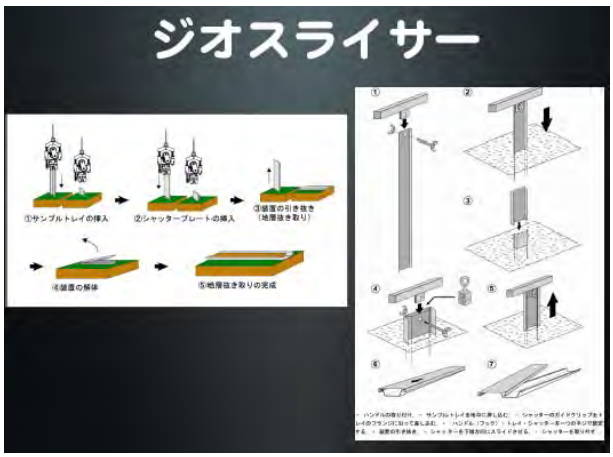


まず、環境に関してはそれぞれの分析で分かるのですが、まずそれと平行して年代軸を地層の中に入れていかないといけません。それを具体的な例としましてこう挙げていますがそれぞれ分析方法があります。細かいことについては、一部は後ほど他の先生方からもご紹介があるかと思いますが、地層の年代を決める方法としまして若い方の年代を決めるというのは実はかなり難しいものがありまして、いくつかの方法があるのですけども、１つは人為的なものを使う、人工的に生成された物質というのが大体戦後ぐらいから出て来ます。そういった物、或いは大気中に撒き散らされた核実験によって出てきた物、或いは鉛の 210 といった物の減衰、そういった物で現在から古い方に向かって大体 100 年、150 年ぐらい前までは遡れるのですが、それよりも古くなると上から遡るというのは限界になってまいります。



古い方ですと、炭素です。これは植物ですとか貝殻の中などに含まれております炭素の 14 という物質を使いまして年代を測定する方法ですけれども、これはあまり新しくなるとエラーの方が大きくなりまして測定しにくいのですが、こういった物で両方から挟み撃ちするような形で時代を決めていきます。実際に地層の中で、干潟の中の環境の変化というのを見ていく中では、恐らく人間の生活というのが関与し始める頃とそれ以前とが分かれている位であればおおよそ環境の変化というのが分かるのではなかろうかという事を目安にしまして大体こういうふうなやり方で調査を進めております。

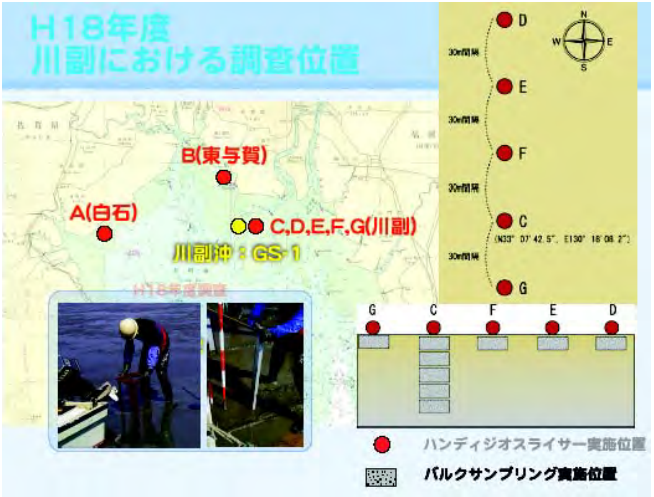
次にジオスライサー調査というものですが、これは通常のボーリングとかと異なりまして地層を面的に採取する方法です。矢板状のサンプラーを地層に打ち込みましてそのまま引き抜きますので、地層の中の堆積構造とかそういった細かな構造も調べる事が可能です。それによりまして各種地層の解析に基づいた環境の復元に関する分析というものが可能になってきます。



では実際、具体的に行いました平成 17 年度と 18

年度の調査位置についてご紹介します。

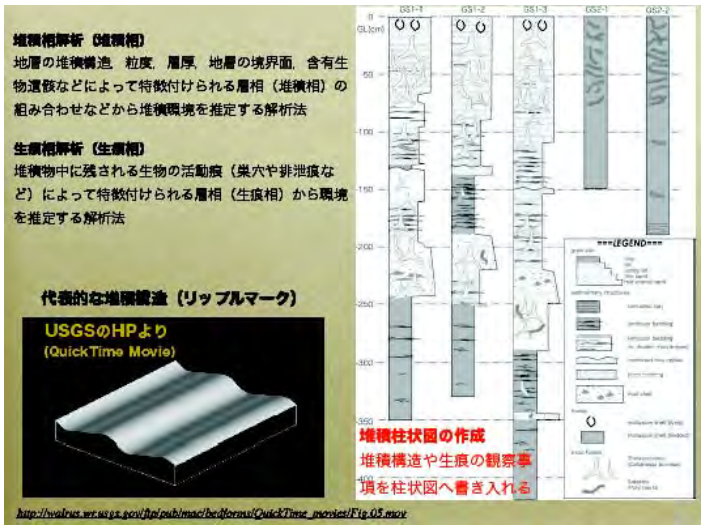
黄色で示しましたものは平成 17 年度に行いました。これは左の方に写真が出ておりますが少し大きめのサンプラーです。大体 4mぐらいの深さまでの地層を採取していますが、台船を用いましてその上からクレーンを使って先ほどのジオスライサー、幅が大体 35 cmぐらいありますけれども、そういった地層を採取しております。これによってどういうスタンスで解析に臨めば良いか、色々と試してみましてその中でどうもこういった解析が向いているというのをある程度絞りまして、それを 17 年度に行っております。その 18 年度は、その表層 1mぐらいを採取することによって大体百年ぐらいをカバーできるという事がその前年の調査で、大体そういう感じであろうという事が分かってまいりましたので、赤で示した 3 地点について行っております。なお、この川副沖ですが、ここだけ 17 年度と 18 年度を密集してやっておりますが、ここはアサリの漁場としての中心の場所の 1 つでして、ここを細かくやることによって実際にアサリの生産と地層の変化、堆積環境の変化というものを調べる上で重要と判断しましてこの様に行っております。



その 18 年度の所ですが実際具体的にはこの様にやっていまして、この場所で、1 つはブロック上にサンプリングを採っております。これは後で話しをされます下山先生の方が中心となりまして、貝殻の遺骸、その分析を中心でやっております。これで水平方向と鉛直方向をカバーしておりまして、それで時系列的な環境の変遷というのを調べております。これは地形的にはほぼ北から南にかけてちょっとした高まりですね、砂州が発達していまして、そこを切るような形で採取しております。そこのブロックサンプルと、あとこちらは幅が 10 cmほどなのですが、人力で押し込みますハンディジオスライサーというものを用いて地層を採取しております。

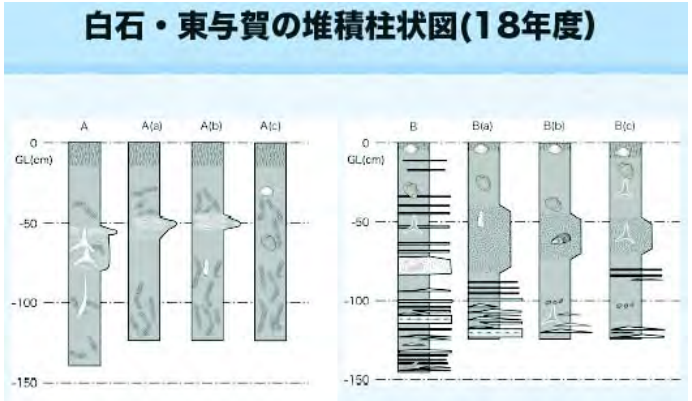
17 年度と 18 年度に採取した地層を簡単にご紹介します。これが実際に採取したコアです。このスケールが 1mです。こちらが幅の広くて長い方、これが 17 年度の試料です。こちらの方が分かりやすいかと思いますが、幅が 35 cmほどありますのでご覧の様に地層の中に模様が非常に明確に分かります。これがボーリングコアとかですと 10 cmに満たない様な物ですので、こういった物も見えませんし、また定方位で採取する事によって、当時どちら向きの流れが卓越していたか等といったエネルギーの解析の補助的なものというものもデータと

して採取する事が可能です。これを用いまして実際に次は堆積相解析それから生痕相解析というのを行ってまいります。

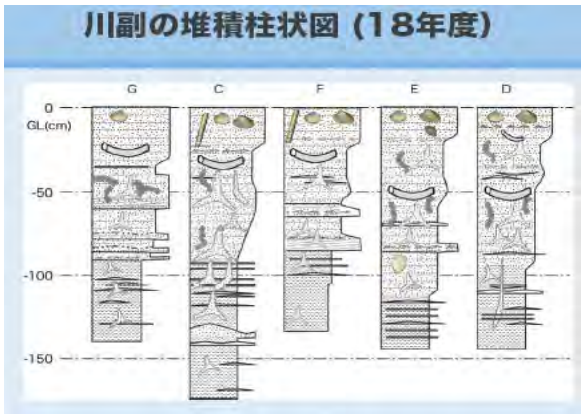


これは基本的には目視観察に基づいて細かく地層を見ていき地層を解析する手法です。これも聞き慣れない話かとは思いますのでご説明しておきますと、堆積相解析といいますのは地層中の堆積構造、堆積構造と言うのは下に動画を出していますが、例えばこれはいわゆる砂漣の形成なのですが、こういった形で砂漣が動く事によってその断面の模様が出来ます。こういったものを堆積構造と呼びます。こういう形で堆積構造というのは色々な物がありまして、環境やエネルギー条件によって色々と変わってきます。そういうものを観察します。それから粒度、層厚、それから地層の状態、それから含まれる生物遺骸などによって特徴づけられる物を判断してそれぞれの環境を推定するという手法です。

それともう１つ生痕相解析というのは生物の活動の痕跡を、巣穴とかですがそういったものを地層の中から認識しまして、それに基づいた環境を解析するという方法です。実際に地層をそういった目で観察していった柱状図というのがこちらになります。これからこういった柱状図が沢山登場しますので、簡単に説明します。小さくて見えにくく申し訳ないのですが、ここに示していますこれは粒度なのですが、基本的にこの幅の広い方が粗粒になっております。一番幅の狭い所が粘土です。粘土から粗粒砂ぐらいになっていますが、こういった幅が広い所が粗い、狭い所が細粒になっているというふうにしております。中に色々な模様を入れていますがこれが堆積構造ですとか巣穴等の模様になります。こういった地層を詳細に見ていくとまた色々と分かってきます。これが、今示しておりますのが 17 年度のデータです。



次に 18 年度の 2 か所につきまして報告しますと、白石それから東与賀では、これは基本的に両方共泥質の干潟の部分でして、ほとんどずっと一様な泥になっているのですが、特に白石の方では、表面から大体 50 ㎝ぐらいの深度の所に貝の密集層があります。これがどうも覆砂であろうという事が分かりまして、中の貝殻等を調べてみますと泥干潟では産出する筈の無いような、より深いような所の貝ですとか、或いはコケムシ・石灰藻・フジツボといった泥干潟では通常棲む事が出来ないような生物遺骸が非常に多く含まれていまして、人為的な堆積物であるというふうに判断しております。それを実際に調べていってみましたところ、どうもここだけピンポイントで昭和 62 年に覆砂を行ったという記録がありまして、そういう事でこれが幸いにも１つの時間軸となっていまして、これが

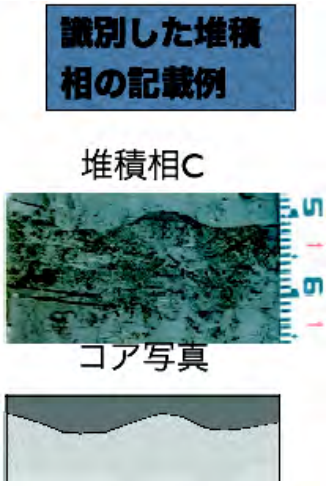


昭和 62 年、それ以降の堆積物等が上に堆積して、ここはかなり堆積速度が速い場所であるという事が分かりました。ここはクロスして他の年代測定も行っておりますのでその辺は百島先生の方から後ほどお話があるかと思います。それと、川副の方での柱状図ですが、先ほど少し長いコアをお見せしました内の上の方と殆んど近いのですが、一番下の方で細粒があって上部ほど粗粒になっています。

識別した堆積相	特徴	推定される堆積環境
堆積相A	平行葉理見られる中粒砂，シルトの薄層を挟む，生物擾乱	砂州
堆積相B	主にシルト，細粒砂の薄層挟む，ウェーブリップル	砂州間
堆積相C	波長15～20cm，波高4cmのリップル中粒砂	洪水イベント
堆積相D	マッドクラスト伴う中～粗粒砂	潮汐チャネル
堆積相E	砂質シルト，生物擾乱著しい	砂州斜面
堆積相F	主に粘土からなり，細粒砂の薄層を挟む	砂州斜面
堆積相G	粘土からなる，生痕が密集する	プロデルタ
堆積相H	粘土からなる，生痕を僅かに含む	プロデルタ
堆積相I	粘土からなる，葉理がわずかに見られる	プロデルタ

識別した生痕相	生痕名	ホスト
生痕相A	*Thalassinoides* isp	スナモグリ類
生痕相B	*Thalassinoides* isp *Sabinites* isp A	スナモグリ類 イトゴカイ類
生痕相C	*Sabinites* isp B	イトゴカイ類

今度は堆積構造とかを見ましてそれぞれを堆積相として識別していきます。その代表的なものを例えばここに示しております。例えばこういう見かけをした地層です。これはここに細かい線が入っていると思いますけれどもこれは薄い砂の層です。これは中の構造を見ますと波浪で運ばれた形状をしているのですが、それはかなり専門的なことなので細かなことは割愛させていただきますけれども、そういった波浪によって間歇的に運ばれた砂という物が見られます。堆積相としましては、堆積相 B というふうにしました。ここは同時に、ここに見られます巣穴なのですがちょっと長く、巣穴がこれです。これは甲殻類のスナモグリというものが掘った巣穴でして、これによって特徴づけられるものを生痕相 A というような形で示しました。



こういった地層の特徴によってそれぞれの堆積相というものを区分しております。例えば、中の１つとしまして一番分かりやすいものを出しました。干潟の堆積物というのは中々物が分かりづらいのですが、一番分かりやすいものでこういった物です。この波を打ったような形は、これは先ほどのよりもかなり強い波浪によって形成されたウェーブリップルという地層の構造なのですが、それぞれについてはこういった地層、それから推定される環境というのを見るのに議論しております。地層のパーツをこの様に決めてまいりましてそれと組み合わせて、モデルとして書いてみました。この様にしてそれぞれの識別した堆積相、上から砂州です。それから砂州の間の堆積物、砂州の間の少し凹んだ部分です。こういった所は泥が溜まりやすくなりますけれども、そういった部分。或いは堆積相 C につきましては後で説明しますけれども、D というのは干潟を流れていますチャネル、これは澪です。それからより沖合の物、この青で示した様な物ですとか、そういった物になりまして、堆積環境の変化というのが大体読み取れるかと思います。

識別した堆積相	特徴	推定される堆積環境
堆積相A	平行葉理中粒砂，シルトの薄層挟む，生物擾乱	砂州
堆積相B	主にシルト，細粒砂の薄層挟む，ウェーブリップル	砂州間
堆積相C	波長15～20cm，波高4cmのリップル砂層	イベント
堆積相D	マッドクラスト伴う中～粗粒砂	潮汐チャネル
堆積相E	砂質シルト，生物擾乱	砂州斜面
堆積相F	主に粘土からなり，細粒砂の薄層を挟む	砂州斜面
堆積相G	粘土からなる，生痕が密集	プロデルタ
堆積相H	粘土からなる，僅かに生痕	プロデルタ
堆積相I	粘土からなる，僅かに葉理有り	プロデルタ

記載

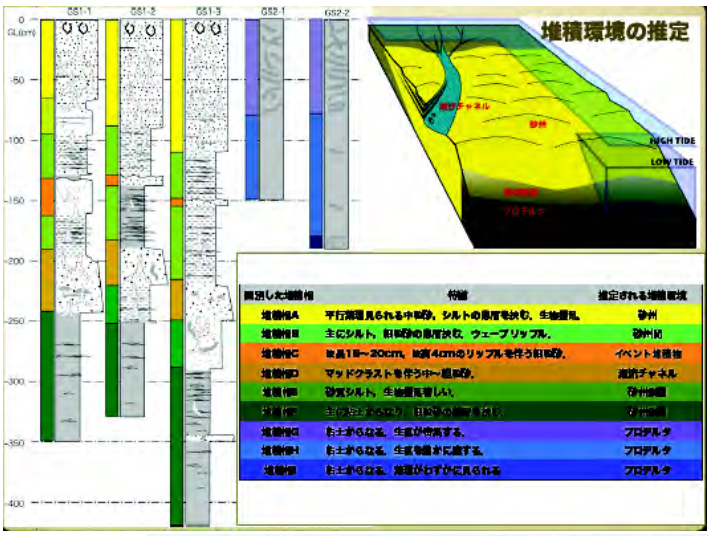
主に暗灰色を呈する粗粒砂からなる，下底面は不鮮明であるが，上面はリップルの形状を示す．リップルの波長はおおよそ15～20cm，波高は約4cmである．対称性が良く，クレスト部が丸みを帯びている形状から，複合流（combined flow）によるリップル川副沖で採取した３本のコアのほぼ同一の深度において見られる．

推定される堆積環境

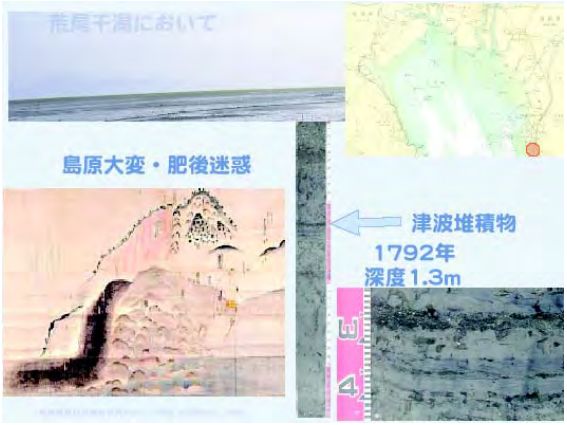
生物擾乱を被っており不鮮明になっている場合もあるが，ここで見られる砂層は約10cmの層厚を有する．対称性が高く，波長に対する波高が高いことから，波浪が卓越した複合流によって形成されたリップルであることがわかる．このような形状のリップルは潮間帯で形成されるようなものではなく，寧ろある程度の水深がある時に形成されたものである．また，リップルの上面は明瞭に残されており，粗粒分がリップル形成直後に上位を覆う場合に形成される．このように形状が明瞭なリップルは，通常暴浪時に形成された直後に洪水による出水によってもたらされる粘土・シルトに覆われるような特殊な時に保存されることが多い．しかし，採取場所は，河口から遠いため，直接洪水に伴う水流（hyperpycnal flow）は到達しない．シルト主体の層の中に厚さ10cmもの砂を運搬堆積させ，その上位をシルトで覆うためには，もっと特殊なイベントによる堆積物であるとみなしたほうが良い．これについては，後に詳しく述べる．

この GS - 1 から、GS - 1 のシリーズというのは

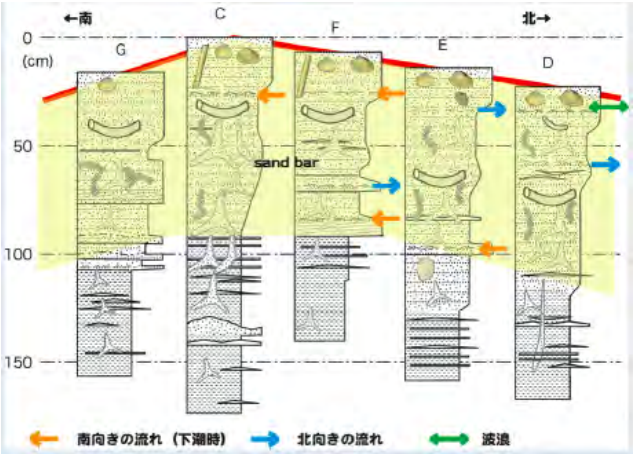
川副の方のものでして、一番上は砂州の堆積物、つまり砂干潟が発達している場所ですが、元々それより沖合の泥っぽい環境だったという事が分かります。つまりここは恐らく河川の河口の延長部にありまして、河口に出来ますデルタが前進していく過程で徐々に浅くなっていって砂の干潟になっている、埋めたてられる過程というのを見ているというところになるかと思います。



一方、この GS−2 で示しましたのは、鹿島のコアですが、ここは下から上までほぼ一様に泥っぽい。中のゴカイの巣穴がいくつか見られるのでが、それの入り方によってちょっとこうしていますが、その程度の違いである。これの違いに関しましては今のところアイデアが無いのですが、ほぼ同じような環境の中で変化していっているというふうな事が分かりました。

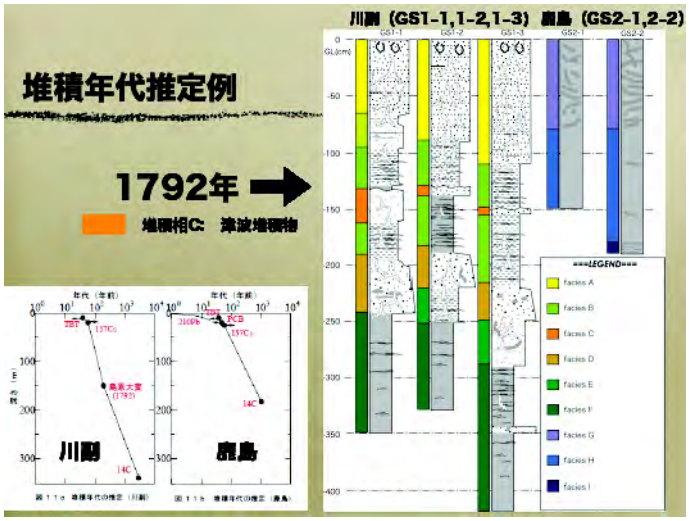


先ほどとばしました、この堆積相の C というものですが、これはちょっと通常の干潟ではあり得ない堆積物でして、これはイベント堆積物としています。イベントと言うのは特殊な環境を示すものでして、それが川副沖のコアでは 3 本採取した中では、全部上から 1.5m ぐらいの所に見られました。これが今回の調査研究の前に自社の調査によって見られたのですが、「島原大変・肥後迷惑」という 1792 年の津波堆積物というのが熊本県の荒尾の干潟で見つかっておりまして、それと非常に特徴が似ております。ここは中の構造が非常にはっきりしていまして、泥の干潟の中に沖合の方から砂が運ばれてきたというのが地層の中から読み取れました。これは年代も調べておりますが 1792 年の津波堆積物で間違いないだろうというふうな事が分かっておりまして、こういった事例もある事から先ほどのイベント堆積物としましたのも津波堆積物であるというふうに解釈しております。



少し戻りますと、つまりここの部分が 1792 年、今から大体 200 年前というふうに判断しました。これが初年度の研究成果ですので、大体これ位のものを見れば過去 200 年分ぐらいはカバー出来るという事が分かった訳です。

18 年度のコアにつきましてはこの様になっておりまして、A と B というのは殆ど泥です。写真が見にくいかと思いますが、C から G に関しましては、この川副の所でして、ここは砂州の断面を見ておりまして、こういった位置関係にあります。南側というのが沖合の方向になりまして、地層の中の構造からこの矢印で示しましたような流れの方向というのが分かります。こういった構造から見ても砂州というのが北の方から南の方、つまり沖合の方へ向けて徐々に成長していく過程というのを見ているというふうな堆積環境の変化というのが分かってまいりました。ここにつきましては貝殻の遺骸の方からも色々と面白いデータというのが分かっておりまして、その辺は次の下山先生の方からお話があるかと思います。この地層の採取とそれから堆積環境の変化というのを、堆積相・生痕相から見た変化、それからある程度年代が入ったものとしまして示しますと大体この様になりまして、ちょっと図面として先ほどのものと重複しますが、下の方は泥っぽい物から上の方では砂っぽい干潟に川副では変化していく。そこでその環境の変化の中にこういった時間軸が入ってくる。ここは 1792 年、それからここに示しましたのは、他に分析をやっております例えばコアの一番下の方では、C14 を使いまして年代を抑えておりまして、それから津波堆積物、上方ではＴＢＴとかそういった人為的な化学物質、それからセシウムとか鉛といった物で年代を押さえておりますと堆積速度とこのコアの環境の変化というのが大体読みとれてくるかと思います。



基本的にこういった物をベースにしまして、その中のそれぞれの地層の中から採取した物というものを次にお話されます下山先生それから松岡先生それから田端先生の方で分析されました。以上です。

【 松岡先生 】

どうもありがとうございました。

堆積物をいかに採取するかという事と、採取したあとの堆積物をどのように観察し、その結果どういった事が分かるのかというお話でした。何か質問等がありましたら、どうぞ。よろしいですか、それでは、次に進ませていただきます。市原さんありがとうございました。

続きまして、九州大学の下山先生に「貝殻遺骸群集からみた環境変化」という事でお話をいただきます。下山先生は、実は有明海というのは、今から 1 万年ちょっと位前に始めてこの地域に出現して、色々な環境の変遷を繰り返しながら現在まで来ているという、有明海の歴史の大枠について研究をされてこられています。最近では、この環境変化に関心を示されて、ごく最近の有明海の変化を、貝の化石を中心とした解析をされています、下山先生よろしくお願いいたします。

② 貝殻遺骸群集からみた環境変化

キーワード　貝殻遺骸群集解析、堆積環境、アサリ漁場の継続

【 下山先生 】

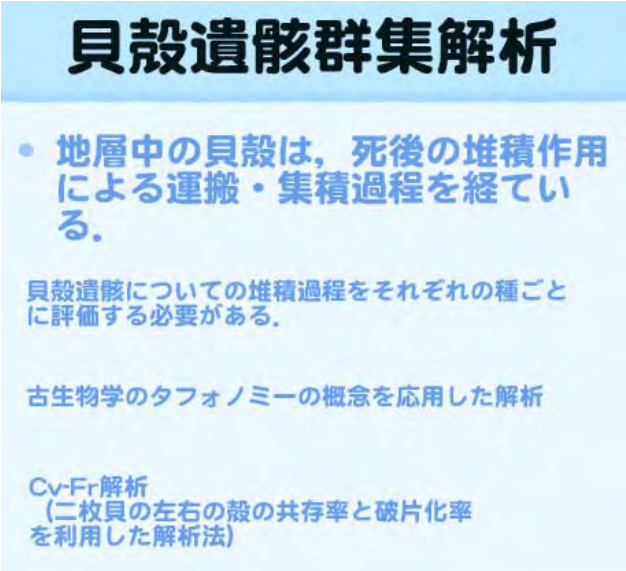
ご紹介ありがとうございました。九州大学の下山と申します。よろしくお願いいたします。

私に課せられました話題は、「貝殻遺骸群集解析から見た環境変化」というものです。先程の市原さんがサンプリングされたジオスライサーコアから得られた個別の解析の１つになります。

有明海のアサリ漁場についてふれたいと思います。この図は有明海全体のアサリ漁場を示したものです。ここに示されている右側の図は 1980 年代のアサリ漁場と 2000 年代のアサリ漁場のおおよその比較が為されています。1980 年代のアサリ漁場に比べて 2000 年代のアサリ漁場が小さく狭まっていることがわかります。現在のものではないのですが、それを比較したという事になります。また、アサリ漁場は帯ではなく湾の入り口から奥の方にかけていくつかクランプと言いますか飛び飛びに存在している事が分かります。アサリ漁場の詳細な調査結果として、干潟分科会が調査しました川副沖、それから復建さんと私どもの共同研究として調査した荒尾でのデータがありますので、この２つの比較が解析対象になっています。アサリを特に取り上げた理由はアサリ漁場が 2005 年当時最も調査しやすい、まだ残っている漁場だったという事から調査の対象にいたしました。

アサリ漁場を少し過去に遡って考えたいという取り組みです。例えば漁獲量が激減する前の有明海、さらにその前の縮小傾向になる前の有明海ではどのような背景であったかをさぐる調査です。例えば豊かな海と言われるものは、いつ頃がピークだったのか、アサリ漁場をその象徴とした場合、アサリの豊かな有明海はいつまで遡れるのかを調査対象としました。地質学の１分野である古生物学的な調査手法を応用して、アサリがどのように群棲を継続してきたか調べたいと思ったわけです。

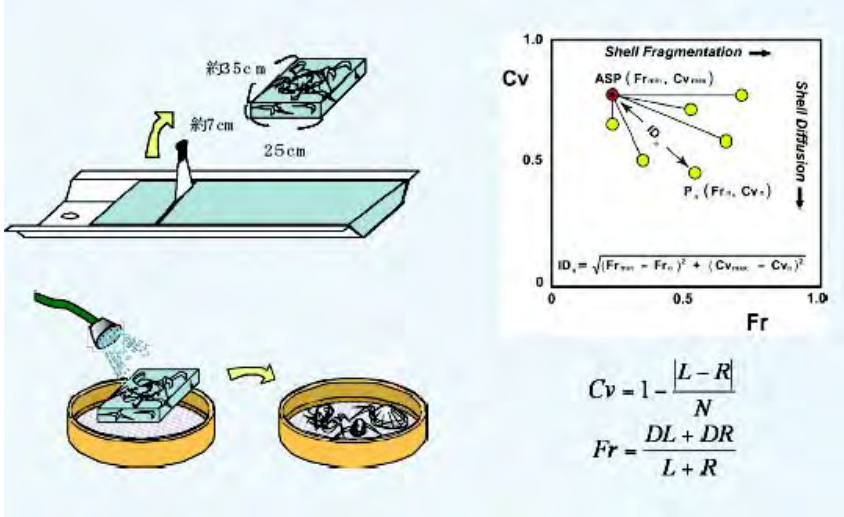
手法としまして、少し聞き慣れない言葉ですが、貝殻遺骸群集解析を行いました。貝の群棲地にはその場で死んだ貝殻が堆積物として残っています。その場の堆積物と言いますが、実際には生きている貝がそこに棲んでいてそのままそこに残って集積した貝殻と、死後その場から運び出されて貝の群棲した証拠が少し乱されたものがあります。そういった二次的な変化がありますので、その場にかつて貝がいた事だけではなく、貝の群集の中身それが果たしてそこで群生していたかどうかという事まで含めて調べました。こうした判別は古生物学では普通に使われます。私の専門の一つでもあります。そうした貝殻の遺骸群集の解析の手法を特に貝殻遺骸群集解析と呼んでおります。



今回使いました貝殻遺骸群集解析には方法がいくつかあります。その中で特にアサリということで焦点を絞りやすい方法としまして、Cv-Fr 解析という方法を使いました。これはまず群生している二枚貝は完全な（壊れていない）左右の貝殻を持っておりますので、左右二枚そろった完全な殻という状態を初期値とし、初期値からの変化を辿る解析方法です。完全な殻と破損した殻は破片化率（Fr）で、二枚貝の右殻と左殻の比率はその共存率（Cv）で数値化します。左右殻の共存率（Cv）と言うのは波浪などの水流によるランダムな拡散によって左右の殻の共存率が低下する現象を捉えます。二枚貝では最初の生きていた状態では左殻と右殻が１対１でしたが、二枚貝が死んで殻が左右にはずれますと、左殻と右殻

が拡散してゆくので 25 ㎝程度の狭い領域ではゆらぎで左右殻の存在比率が変わって左と右の殻のどちらかが多くなります。これに対しまして、破片化率（Fr）は完全な殻の状態からスタートして、貝殻が水流で運ばれ堆積と掘り出しを繰り返すことによって、どんどん壊れていって、完全な殻だけだった最初の状態から破片だらけの状態までどんどん変化していく様子を捉えます。全部の殻数に対する破片の殻数を割合（比率）で表現します。

次にサンプリングの方法を説明します。この絵はサンプリングの方法を象徴的に表したものです。これは先ほどの市原さんのお話にありましたジオスライサーによってサンプリングされた定方位堆積物コアです。これがジオスライサーの上蓋を開いた状態のサンプルというふうにお考えいただきたいと思います。水色の部分が抜き取られた干潟の堆積物コアサンプルです。堆積物サンプルは 25 ㎝ごとに切り分けられます。このブロックが深さ 25 ㎝ごとのブロックです。ブロックの中には一見しただけでは分からないかもしれませんが、沢山の貝殻がはいっております。粘土やシルトのサイズのような細粒物は多すぎて扱いきれませんので、貝殻を回収するために分別します。そのため 2 ミリメートル目のフルイを使いまして、ブロックを水で洗いながらふるい分けてゆきます。ふるいに残った貝殻を乾燥して、乾燥した貝殻を数えながら全て拾い出すという少し気の遠くなるような作業をします。拾い出された貝殻は更に貝の種類別に左と右の殻数、完全な殻の数と破損した貝殻の数をカウントしてゆきます。それらを集計して最初にリストを作ります。その後左右の殻の共存率や破片化率を数値化してゆきます。Cv と Fr の数値化の式をそれぞれここに示します。要するに Cv とは、二枚貝の最初の状態で左殻と右殻が 1 対 1 でしたが、死後左殻と右殻の比率がゆらぎとして変化してゆくので、揺らぎの平均値を捉えるために 1 対 1 からの偏差を見積もる式になっております。



$$Cv = 1 - \frac{|L - R|}{N}$$

L は左の殻の数、R は右の殻の数、N は L と R のうち多い方の数です。

Fr の式は、最初は完全だった殻が動かされるたびに破片になって拡散の際の跳びが大きくなって、どんどんその比率が蓄積れてゆく現象を破片化率という形で捉えます。ですから、

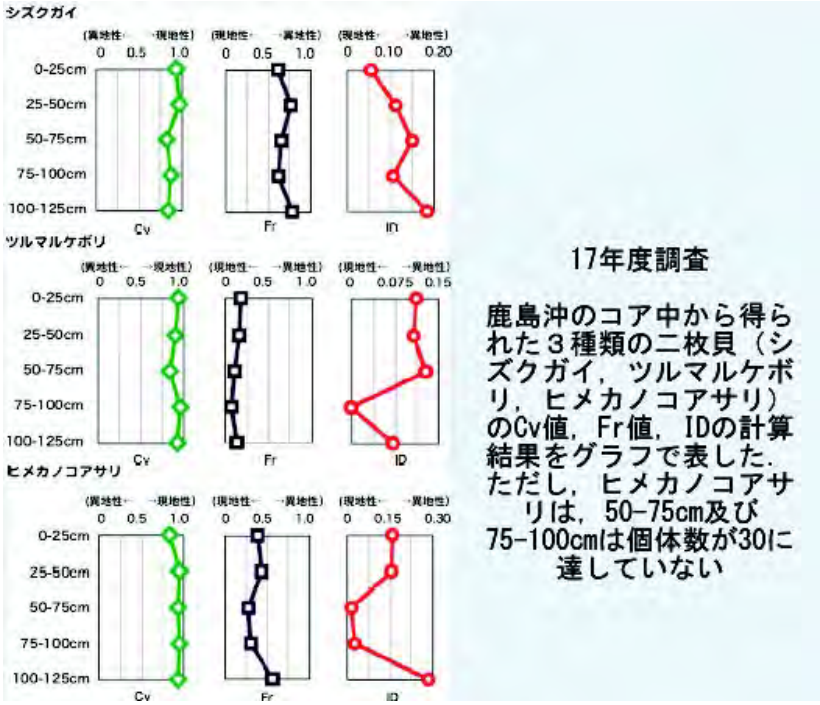
$$Fr = (DL + DR) / (L + R)$$

L は左の殻の数、R は右の殻の数、DL と DR は破片の左殻数と右殻数です。

Cv と Fr の 2 つはそれぞれ性質が似ているようですが実際は違います。2 枚の殻の比率は左右殻が波浪などランダムな拡散で低下する傾向があります。Fr というのは、掃き掃除をするような形の水流（掃流）でどんどん増加する傾向があります。これは壊れている殻と壊れていない殻で拡散係数（跳び）が違うことに基づいております。そういう二つの性質の異なる尺度がありますので、上のグラフのように組み合わせで用います（Cv-Fr ダイヤグラム）。縦軸に Cv 値、横軸に Fr 値を取っています。それぞれ

のブロックサンプルでアサリ殻の数（L、R、DL、DR）が得られますとそれぞれのサンプルごとにアサリ貝殻の Cv と Fr の数値が出ます。Cv-Fr ダイヤグラムはこれを座標としてプロットしたものです。サンプルの数だけ座標点ができます。黄色の○を任意の座標点とすると、比較の仕方は 2 つあります。1 つはダイヤグラムの左上隅を変化の出発点だとする絶対評価です。実際には群棲地であっても貝殻の変化は起こりますので、使いにくい評価です。もう 1 つは全ての座標点の Cv 値と Fr 値を比較して、Cv 値の最大の Fr 値の最低のものをこのサンプル集団の変化の出発点だとする相対評価です。後者の場合はつまり現地性程度の一番高いものを配置してそれからの距離をとるやり方で評価します。仮の出発点なのでこれを ASP と表現します。アサリがいつも群棲していると初期値に戻りますので、コア中ブロックで群棲程度が大きいと距離が近くなり、逆は遠くなります。そういった事で表現をします。

この図はこの調査で出現した貝のうち主なものの写真です。もちろん今回のターゲットはアサリ漁場ですのでアサリが主役です。それからアサリと一緒に産する貝としましてサルボウ、ハイガイが目立ちました。これらは日常的に食用となる貝で、古代でも食用になっております。下はシオフキ、シズクガイ、ヒラタヌマコダキガイの貝殻です。これらの貝が沢山産出しますがこれらはふつう食用にはされておりません。貝の大きさはスケールバーという尺度を入れております。バーの長さが 1 ㎝です。

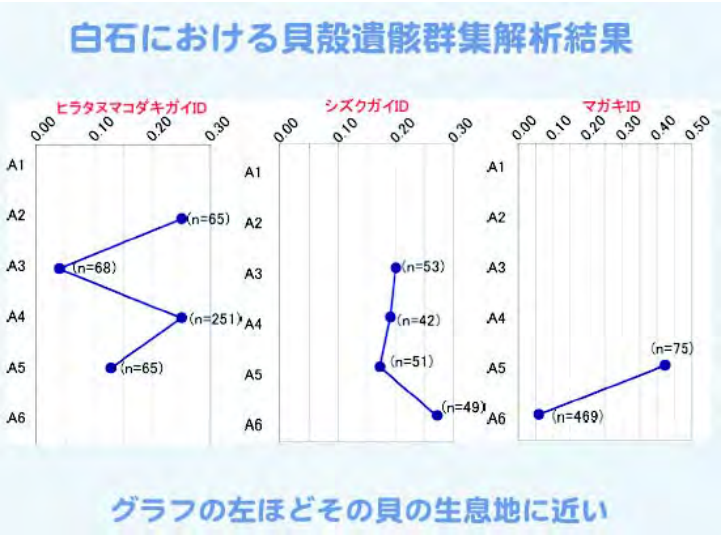


この図は 17 年度調査の結果です。これらはグラフになっており、縦軸はすべてジオスライサーで抜き取られた堆積物試料の深度です。横軸は幾つかのパラメーターで、Cv の場合、Fr の場合、ID の場合です。各グラフは深度方向での値の変化を示します。ID とは情報距離といって、先ほどの Cv-Fr ダイヤグラムにおける ASP からの距離です。概念がややこしいので初期値までの距離として ID を説明します。ID はゼロに近いほど初期値に近い=群棲程度が高いことになります。例えばこの真ん中にツルマルケボリのグラフがありますが、距離がゼロになる深度があります。そうした場合、この深度でツルマルケボリという貝は群生していたと考えます。他の深度では初期値から遠ざかっているので、群生程度が弱かった（群棲していなかった）と見なします。群棲程

度が高いとはどういう事かと申しますと、貝殻は生きていた貝が死ぬことで生み出されます。その後次第に初期値から遠ざかってゆくのですが、実際に貝がそこに群棲しているとその場ではどんどん新しい貝殻が補給される事によって初期値に戻るという効果があります。距離として ID がゼロに近づくかどうかで群棲の有無を評価します。

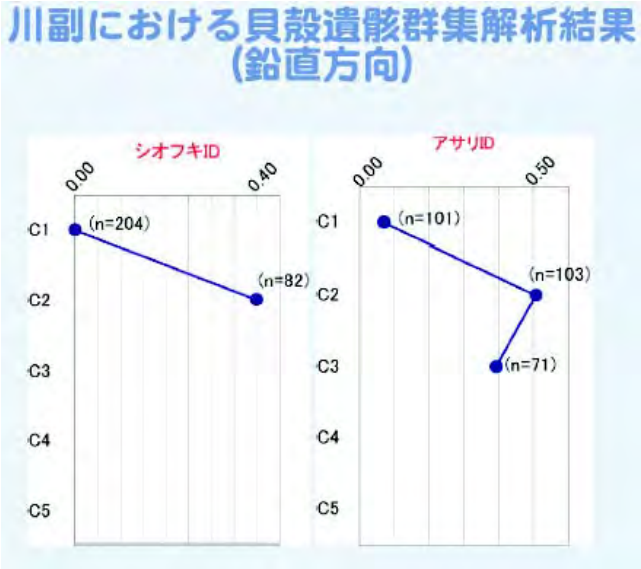
貝殻密集部分は 17 年度調査の鹿島沖コアには見られず、シズクガイ、ツルマルケボリガイ、ヒメカノコアサリ等が優占種として出現しております。アサリは産出していません。

これは白石コア（短いコアですが）における貝殻遺骸群集解析の結果です。ここではヒラタヌマコダキ、シズクガイ、マガキの ID を同じ方法で見たものです。このグラフも縦軸が深度方向、横軸はその ID の数値です。ID が小さいほど群生程度が高いのでどちらかというとヒラタヌマコダキは表層に近い方で群生程度が高くなっています。

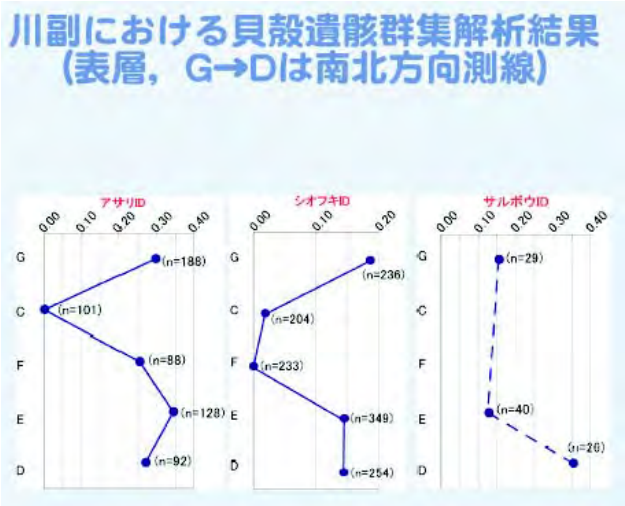


それに対してマガキは下の方で群生程度が高くなっている、シズクガイはやや群生程度が変化する傾向にあるものの明確な傾向を示していない、という風に読みとります。

次が川副コアにおける垂直方向の貝殻遺骸群集の解析結果です。やはり縦軸が深度で横軸が ID の値です。シオフキ、アサリは同じような傾向を示していまして、アサリは C3 付近から出てきまして現在に近い C1 にかけてぐんと群棲程度が上がっております。シオフキも同じ傾向を示しています。現在の表層の部分が一番いい群棲状態というふうに見る事が出来ます。

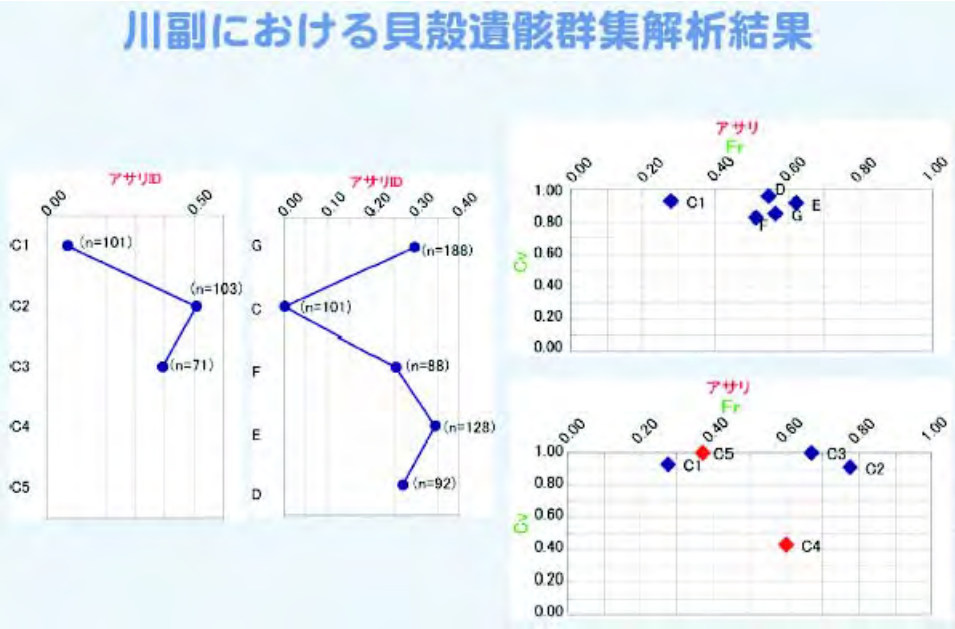


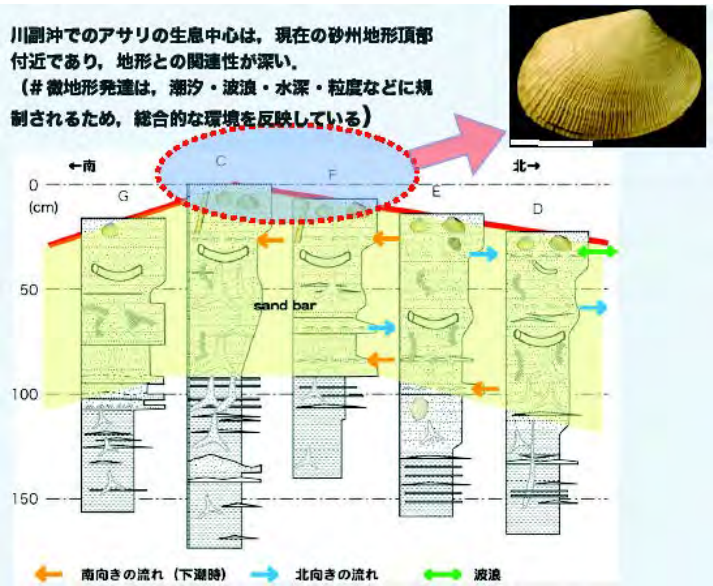
次が、今度は水平方向ですが、川副における平成 18 年度の調査結果です。アサリとシオフキ、サルボウの ID を比べております。これは G、C、F、E、D というのは南北方向の測線でありまして、G の方が沖側、D の方が陸側になっています。そうすると全体に群棲程度は非常に高いのですがその中でも更にスポット的に高い場所があります。例えばアサリは C 地点、シオフキは C、F 地点が群棲程度の特に高い地点だという事が分かります。サルボウでは群棲程度がある地点で特に強くなる傾向はありません。



この図はアサリについて、川副コアについてまとめられたものです。アサリの ID を水平方向と垂直方向で見ております。右端が垂直方向での変化

です。現在に向かって群棲程度が高くなっている。その隣のグラフはＣ地点で特に群棲程度が高い事を示しております。右端のデータは川副コアでのアサリの生息中心について、その地形、地質関係をまとめたものです。G、C、F、E、D 地点には地形的にはちょっとした高まりがあり、特にＣ地点が微地形の高まりのピークになっています。この場所にアサリが最も高密度で群棲している事がわかります。その群棲場所は砂っぽい場所で、砂州と呼ばれ、泥に砂が混ざった状態の場所です。何らかの形でアサリの群棲と砂の存在が結びつくと考えられます。ところがこの状態が過去にずっと遡れるかというと、そうではありません。コアを下の方向にずっと遡って行きますと深度 50 ㎝ぐらい或いは深度 100 ㎝ぐらい下には今度は泥の堆積層がずっと出てきます。先ほどの市原さんの説明でもありましたように粒度が小さい堆積物では柱状図の幅を狭くして表現してあります。柱状図の幅は下に狭くなっており、昔は泥の世界が広がっていた事が分かります。そうなると、ある漁場は有限で、その過去はある程度までしか遡れず、永久に遡れる存在ではない事が分かります。17 年、18 年度調査で調べたのは以上の事なのですが、残りの他の地点との比較を少しさせていただきます。

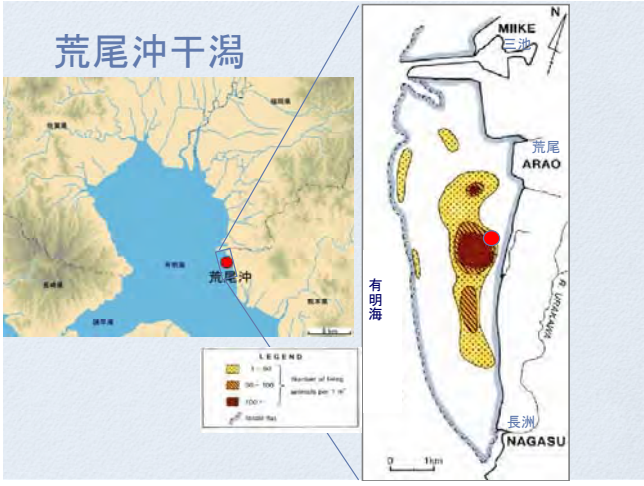


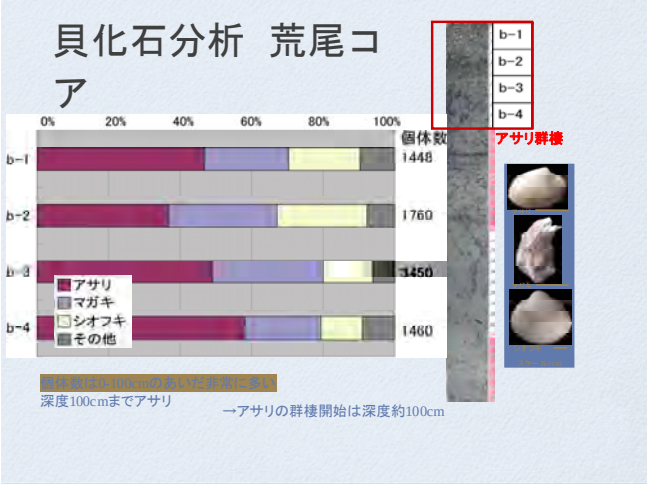


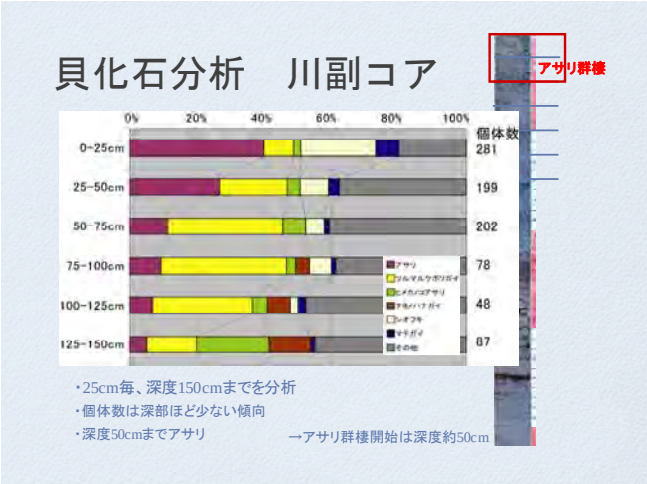
他の地点との比較では、2005 年と 2006 年の川副コアと比べる対象として、先行調査として荒尾干潟で行われた復建のジオスライサーコアがあります。これは先ほど市原さんの説明でも出てきました。この時に川副コアとはほぼ同じ解析をしましたので、その共同研究結果を使って比較させていただきます。

荒尾沖干潟は、南北に長細く、幅が最大 3ｋｍくらいある非常に大きな砂質干潟です。かつて有明海有数のアサリ漁場の一つで、激減する前には

右図に示したアサリ密度になっていました。1 平方m当たりのアサリ生貝の個体数で表した密度分布を色分けしたものです。1 平方m当たり 100 個体以上が一番濃い色の領域です。中心ではないのですが群棲地にあたる赤丸の位置がジオスライサーによる抜き取り調査がなされた地点です。抜き取られた堆積物のコアを調べた結果、干潟表面から 1 m下の区間に貝殻密集層があります。その下の方は泥の層になっており明らかに様相が違っておりました。川副と同様の方法で 25cm 深度毎にブロックで切り出して貝殻密集層の貝の組成分析をしました。優占種は、上からアサリ、マガキそれからシオフキです。小豆色で示しましたのがアサリの割合です。それぞれのブロックでの貝殻の総個体数が端に記入されております。一番上は 1448 個体中のアサリの貝殻が 50%ぐらいを占めて最大優占種となっております。それからマガキ、シオフキと優占種が続きます。最も表層部は殆どアサリ、マガキ、シオフキだけの世界というような感じに見えます。アサリの優占状態は深度 100 cm迄遡って確認できます。しかしそれ以下にはアサリはほとんどあるいは全く含まれておりません。時代と共に干潟が埋まっていったと考えるとアサリの群棲開始は深度約 100 cmからという事になります。



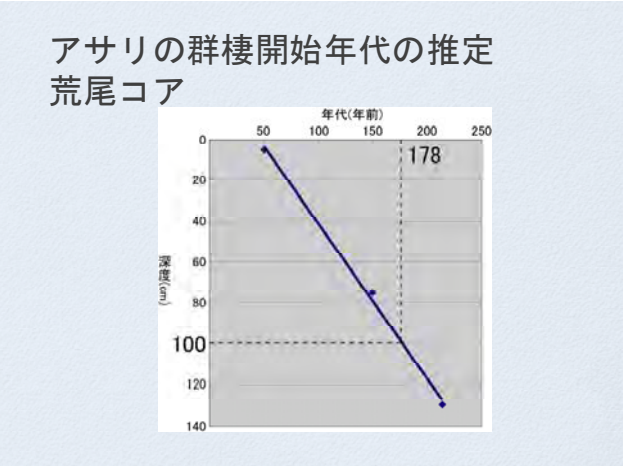


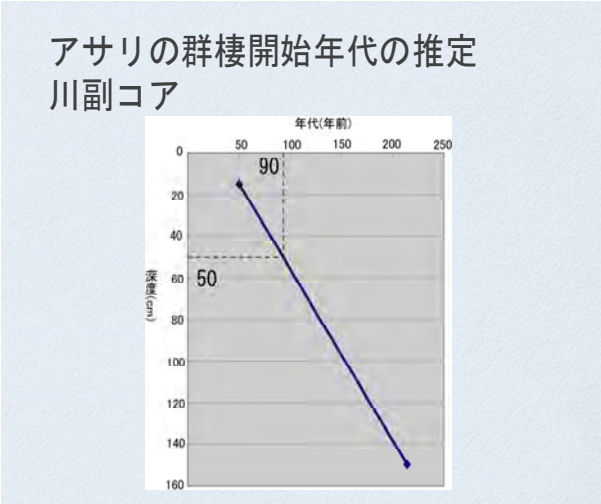


川副干潟に立ち返って比較します。これは 17 年度のジオスライサー調査で得られたコアです。川副コアは荒尾のように貝殻が厚く密集しているわけではなく、アサリの貝殻は最上部で一番密集度が高く、下では少しずつアサリの頻度が下がってくる傾向にあります。アサリの優占程度から見ますと深さ 50 cmでアサリが優占し始め表層ほど優占程度が高くなった事になりますので、深度約 50 cmがアサリの群棲開始の深度という事になります。

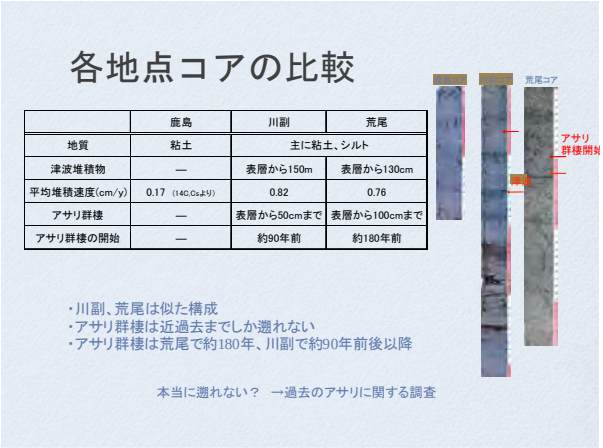
先ほど年代の話が出てきました。その方法については後から詳しい話もありますのでここでは結果だけを示します。コア深度に対する堆積年代はこのグラフのようにほぼ直線になります。細かい議論なしにエイヤッという事で決めますと荒尾コアのアサリの群棲開始深度は約 100 cmでしたので、群棲開始年代は 178 年前くらいになります。同じようにすると川副コアでは、50 cmの深度から表層までアサリが群棲しておりますので、川副での群棲開始年代は 90 年前くらいという事になります。

これは各コアの調査結果をまとめて比較した表です。鹿島では、全然アサリが出ていませんので、見





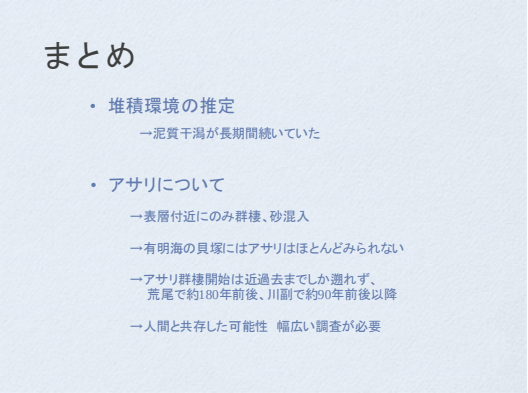
ないことにしまして、川副コアと荒尾コアを再度比較します。両者は似たような状態で、アサリの下位に粘土・シルトの堆積物があり、泥干潟の環境を示唆しております。表層から、荒尾コアでは深度 1.5m、川副コアでは深度 1.3mに島原大変肥後迷惑の津波イベント堆積物があります。川副コア、荒尾コアのアサリの群棲開始深度は 50 ㎝と 100 ㎝、アサリの群生開始年代は 90 年、178 年前という事になります。これらは西暦 1900 年代と 1800 年代はじめに当たります。



	鹿島	川副	荒尾
地質	粘土	主に粘土、シルト	
津波堆積物	—	表層から150m	表層から130cm
平均堆積速度(cm/y)	0.17 (14C,Csより)	0.82	0.76
アサリ群棲	—	表層から50cmまで	表層から100cmまで
アサリ群棲の開始	—	約90年前	約180年前

本当に遡れないのかどうかについての追加調査を現在奨励研究で行っております。これは古代の貝殻出土物の調査です。一挙に縄文時代や弥生時代に飛びますが、有明海沿岸の貝塚を構成する貝を調べるためです。ご存知のように貝塚というのは古代人が食べた貝の貝殻をどんどん捨てたためにできたマウンドですので、それを調べることによって、当時どのような貝を人類が取得してきたかが分かります。貝塚は縄文時代、弥生時代、古墳時代と時代別に分けて、四角、丸、三角で表示しました。色は優占する貝の種類です。有明海沿岸に分布する貝塚を可能な限り調べました。貝塚はほとんどが縄文時代のもので、最もよく出現した貝殻はマガキでした。その他シオフキを専門に食べていた貝塚、それからハイガイがかなりを占めていた貝塚がありました。佐賀市の北側で最近出土した東名遺跡の貝塚はヤマトシジミが断然トップでそれからハイガイ、マガキ、アゲマキが追従しております。アサリはとなると縄文時代には全然無くて、唯一弥生時代の貝塚の例が見つかっております。これは有明海の湾口部に近い場所で、鬼池の近くの貝塚です。ここではアサリを専門に獲っていた様でかなりの量でアサリが出ています。完全ではないのですが、報告書が手に入る限りの結果で、ほぼ信頼できます。それから過去の漁獲物も市史や市町村の統計年鑑を利用しまして調べました。そうすると過去のさかのぼるほどアサリの記録は薄れ、アサリの漁場は有限であるという傾向が出て来ました。まだ調べた物は十分ではないのですが、アサリの群棲は何となく遡れ

ない傾向、但し有明海南部では、かなり早いうちからアサリが群棲を開始して北の方に移行していった様子が見られます。



アサリの群生の話でまとめますと以上の様な事になります。全体を通じて砂質干潟にアサリが群棲して貝殻密集層が形成されている状況が見られます。アサリは表層付近にのみ群棲しており、これには砂の混入が関係しているようです。

有明海の貝塚にはアサリが殆ど出現しておらず、縄文時代には有明海にはアサリが群棲していなかったと思われます。群棲開始年代が正しいとしますと、アサリの群棲開始は荒尾では約 180 年前、川副沖では約 90 年前ぐらいからで、アサリ漁場の豊かさは 1800 年代など近過去までしか遡れない。ずっと永遠に続いていた豊かな海と言うよりは、ある時代にアサリ群棲に関して最も良い状態があったのではないか。その時期にも人間による大規模干拓があったはずです。干拓の仕方は今とは大きく違いますが、近過去には干拓など人間生活とアサリ漁場が共存共栄した可能性がある。そういうところまで視野を広げた幅広い調査が必要であろうというのが、貝殻解析の中間的な結果です。
以上です。

【 松岡先生 】
ありがとうございました。今まであまりこういう調査研究がなかったようにも思いますが、何かご質問等ありませんでしょうか。よろしいでしょうか。はいどうぞ。

【 堤先生 】
干拓が始まったのが、江戸時代ぐらいですか、大体。ですから干潟の底質の形状というのはもともとに何もそういう事をしなければ、泥、砂、泥になると思うのです。一番手前のところに泥の干潟が広がっていて少し先に砂の干潟があって、その砂の干潟の段落ちの後の海底がまた泥になっていた、そういうふうになっていたのではないですか。そうなるとかなり昔に遡ると、人間が面した所というのは今の砂干潟があるような所を、本当はもっともっと手前に泥干潟があって、だからとりあえず砂干潟に行き着く前に泥干潟の所にハイガイやカキがいっぱいいて、そこで敢えて砂浜の所まで行っていなかったのではないか、砂の干潟の所まで行っていなかったのではないか、という気がするのですが、そういう解釈が出来ないですか。

【 下山先生 】
縄文人が、そんなに活動が低下していたとは思えません。貝塚出土物に関してでいうと、もっと活発でそれを乗り越えて沖まで獲りにいっていたと思うのです。

さっきの干潟の移動についてですが、例の先ほどの島原大変・肥後迷惑の肥後迷惑の方の海岸線というのは、当時の被害報告という形で古文書がかなり絵図と共に残っています。それから見ますと荒尾干潟の場合は殆ど海岸線が変わっていません。そういう中でああいうふうな変化が出ています。勿論川副の場合は空港が出来たりしていますので、かなり移動してきています。だから（川副では）アサリ漁場が若く開始されているのかもしれません。ただし今まで調べたそういう経緯があまり無いのにも関わらず、きちんと端的に傾向が出来ていますので、もっとこの傾向を調べて、そういう今言われた事も含め

て、もっと多角的に見るべきではないか。そしたら例えばアサリ漁場の維持については何が大切か分かると思います。

【 堤先生 】
　非常に不思議なのが、アサリの漁場というか、そういうふうに人間が食べた歴史というのは、高々100年か150年かそれ位しかないという事ですね。

【 下山先生 】
　アサリに関してはですね。

【 堤先生 】
　だから、何でそれ位からアサリが出るようになったのかな、と思いまして。

【 下山先生 】
　いや。それは私が聞きたいぐらいです。結果がそうなので、どうしてそうなのかということはこれから調べていって、まさに過去に遡ってそのヒントを得たいと思います。今回、その最初の手がかりが得られたのではないかと私は自負しているのです。

【 松岡先生 】
総合討論で、最後に取り上げていただきたいと思います。

③ 植物プランクトン遺骸群集からみた有明海奥部の富栄養化

キーワード　植物プランクトン、休眠細胞、富栄養化

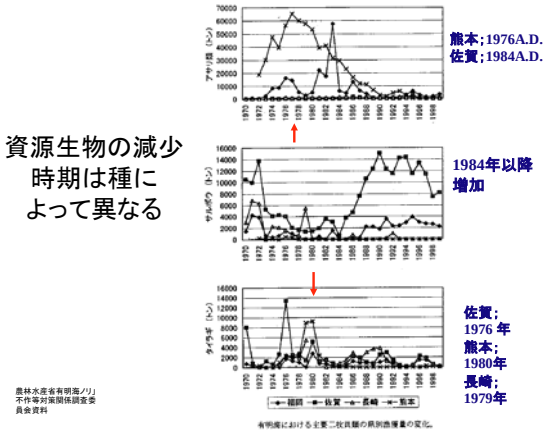
【 松岡先生 】

それでは、続きまして私の方から「植物プランクトン遺骸群集からみた有明海湾奥部の富栄養化」という事でお話をさせていただきます。これは何度か色々な場でお話をさせていただいていまして、重複している所もありますけれども、今日はどういう方法で富栄養化の現象に迫るのかというようなところを中心に話をさせていただきます。

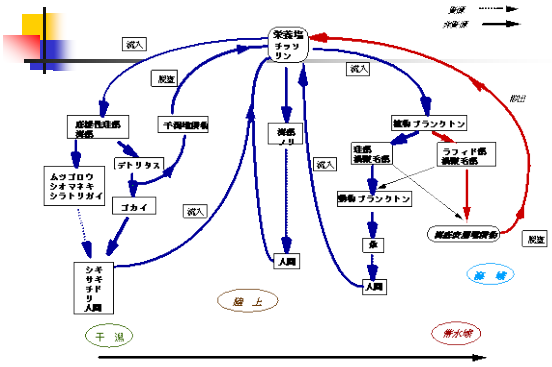
この図は有名な図で 1980 年代ぐらいから、もっともアサリ資源というのは、減じているという様な図であります。こういう二枚貝等の生息を考える場合、資源量というのを考える場合に 2 つの要因があると思います。１つは、今、下山先生の方からお話がありました場です。生息環境の場。それから、もう１つは餌の問題があろうかと思います。植物プランクトンの挙動というのは、二枚貝等の餌の問題が関わるというふうに思っています。

次、これもしばしば使わせてもらっている図ですが、基本的に有明海というものの栄養塩のサイクルというのをみていくと、左側に干潟の環境があって、右側にその前面にある海水域があって、そういうそれぞれの場で栄養塩が陸域から海域へ海域から陸域へ堆積して行くというような事が１つと、それからもう１つは有明海の大きな産業であるノリというものによって栄養塩の挙動もコントロールされている。基本的にこういう栄養塩のサイクルは、最初にこの栄養塩のサイクルが乱れますと、どこに影響が出てくるかといいますと、基本的には基礎生産者である植物プランクトンという所になろうかと思います。

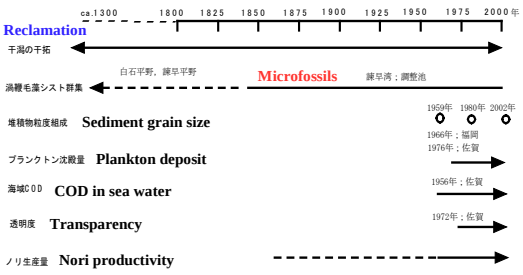
次、それで、こういう富栄養化の問題、富栄養塩の問題を考える場合に水質環境という言葉を使いますけれども、そういう水質環境を考えるための試料というのは、過去に遡ってどの程度揃っているのかという事を調べてみました。少し見にくい図で恐縮ですけれども、例えば、海水中の COD とか、或いは、透明度であるとか、そういうような情報というのは 1970 年ぐらいまで文字記録として残っているという事であります。但し、COD １つに関しましても、分析の手法が酸性法であったり、



栄養塩サイクル



有明海の水質環境変遷を示す資料



調整池のコア

諫早湾のコア

それからアルカリ法であったりという様な事で、方法の違いによってその値そのものを直接的に使う訳にはいかないという様な問題もあって、中々、文字記録で過去の事を遡ろうとしますと、大変であるという事が分かります。その一方、今言ったような事を補うという意味で、この分科会で取り扱っております堆積物という物の中から、そういう情報を取り出していこうという考え方であります。これは分科会が始まる以前に私の方が、諫早湾のコアを、柱状試料を使いました研究の成果ですけれども、これも何度もお話をさせていただいていますので簡単にいきたいと思います。

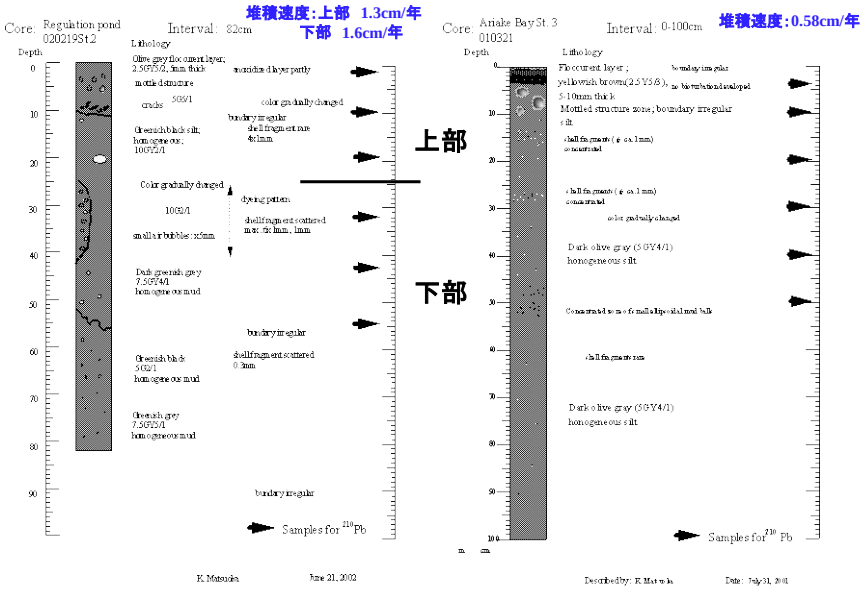
次、こういうような堆積物を採取して、この堆積物の顔つきといいますか、そういったものを記載しております。基本的に先ほど市原さんの方から説明がありましたけれども、有明海にはいわゆる泥質の堆積物、それから砂質の堆積物がありますけれども、こういう植物プランクトンというものの挙動を考える場合には、この泥質の堆積物が好ましいという事と、それからその堆積物の年代がきちんと分かるという事が重要になってまいります。これは後からご説明があると思いますけれども、鉛の 210 というものを用いました平均堆積速度を基に年代を推定しているという事であります。

次、そういう堆積物の 1 cmずつ、ほぼ 1 cm ずつにスライスいたしまして、全て見た訳ではありませんけれども、上部の環境の変化が大きいと思われる所は、ほぼ 1 cmずつに切り分けてみておりまして、過去の方は比較的粗くてというようなところです。

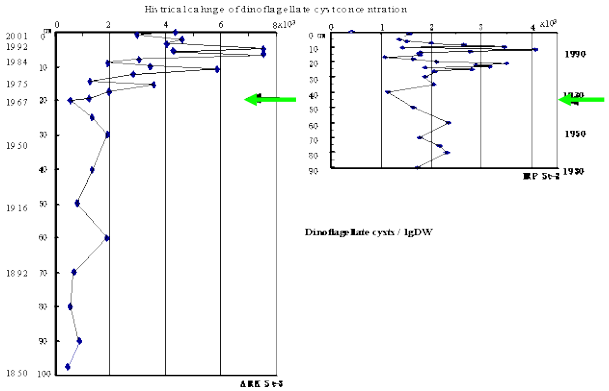
次、こうしてみますと、1970 年代前半ぐらいにこの植物プランクトンの一種であります渦鞭毛藻の個体数が大きく変化した事が分かります。

次、これは渦鞭毛藻特有の特徴の 1 つなのですけれども、渦鞭毛藻は藻という植物の中に分類学的には植物として区分されるのですけれども、実は光合成をやる植物的な種類と、それから他の生物を獲って生育していくという動物的

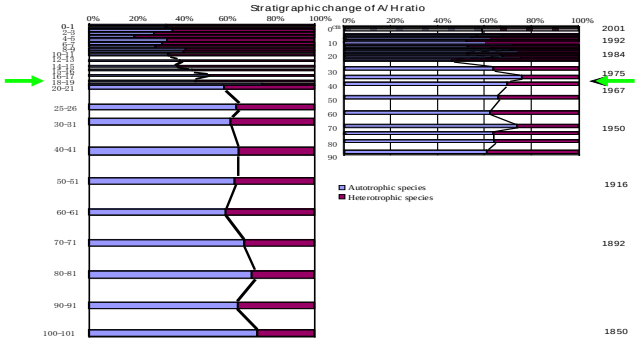
分析コアの層相と堆積速度



渦鞭毛藻シスト個体数の変遷



渦鞭毛藻シストA/H比の変遷



な種類の 2 つがございまして、そういったものの比率をみたものであります。これもこちら側が植物的なもので、こちら側が動物的なものですけれども、1970 年代ぐらいから動物的なものの方、従属栄養性という、そういったものが殖えてきているという事が分かります。

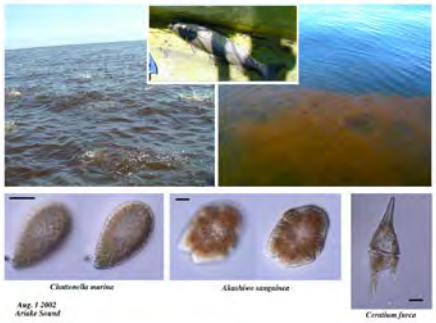
次、それを基にしてみますと、1960 年代以前、それから 1970 年から 80 年代、90 年代以降というふうに、群集の変化を整理する事が出来ます。こういうような変化は、一体、水質の変化とどういうふうに係わっているのかという事を考えてみたいという事であります。

諫早湾堆積物中の渦鞭毛藻シスト群集変化

1. 1960年代以前
   渦鞭毛藻シスト個体数、従属栄養性渦鞭毛藻シストの割合がほぼ一定
2. 1970－1980年代
   渦鞭毛藻シスト個体数の増加、従属栄養性渦鞭毛藻シストの割合が増加
3. 1990年代以降
   渦鞭毛藻シストの減少、従属栄養性渦鞭毛藻シストの割合が増加

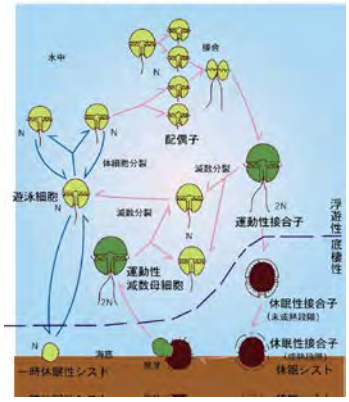
次、これは2002年に有明海の所に発生した赤潮で、今年にもこのシャットネラの大規模な赤潮が発生しましたけれども、その時の写真でこちらがラフィド藻、こちらが渦鞭毛藻というものです。通常こういうふうに色素体をもっているのが、独立栄養性のグループであります。

有明海北部で発生した赤潮
（Aug.2002）



次、こういうプランクトン、渦鞭毛藻というのは海水中にいる時には 2 つに分裂する。　体細胞分裂といいますけれども、2 つに分裂してねずみ算式にどんどん殖えてまいります。その殖えていく途中で栄養塩を吸収する。ある時期になるとそれ以上分裂する事が出来なくなって、有性生殖の過程に入るという事で、それがこの過程になります。ある種類は、有性生殖をする事によって、つまり植物でいえば種を作るという事です。こういう種を作りまして、その種が海底に沈降して、次回環境が回復するまで堆積物の表層のところで休眠をしているという事になります。環境が回復する、即ち温度が上がるとかいう様な状況になってまいりますと、そこから発芽をしまして、又このプランクトンの状態に戻るという事になります。従いまして堆積物の中には、こういう様な抜け殻といいますか、そういったものが沢山たまっている訳で、先ほど諫早湾のコアで解析した結果というのもこういう堆積物の中に残されている休眠性の細胞シストというものに、注目をしているという事であります。

渦鞭毛藻の生活史



次、ところがこちら側とこちら側とこれは実は同じ生物でありまして、こちら側の 1 つ 1 つが 1 細胞なのですけれども、こういう連鎖群体を作ります。こういう連鎖群体を作っているものが、ある時期に単細胞になってそれから休眠細胞、こういう様な全くプランクトンの状態の

Gymnodinium catenatum Graham

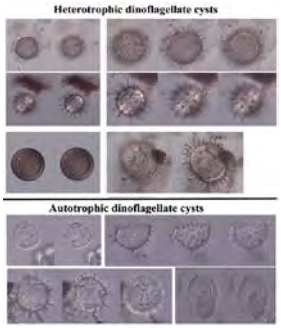
細胞と違う形態の細胞、これが休眠細胞という事になって、こういう所から発芽して又、連鎖群体に戻るという様なそういう事であります。

次、これもその例なのですが、こちら側が実は連鎖群、プランクトン、これがその休眠細胞になっています。先ほどお見せしました物が独立栄養性のプランクトンでありまして、少し褐色がかっているのが色素体の色で、光合成をするための細胞器官である色素体を持っている。

プランクトンとシストの違い

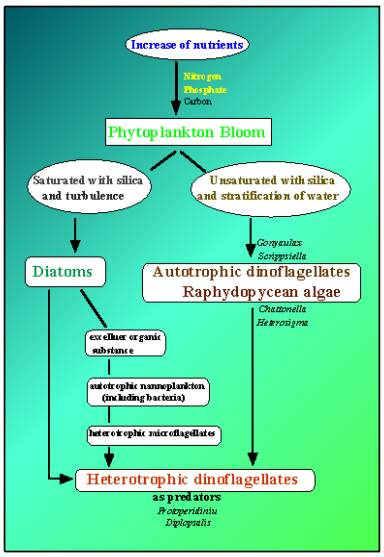
次、これは走査型電子顕微鏡の写真ですので細胞の色は分からないのですけれど、これは色素体を持っておりません。従属栄養性のプランクトンという事で全く形態が違う、こういう様な１つの藻の中でもこれだけ形態を変えて生活をしている。そういう様な生き物の生態といいますか、そういったものに注目をして解析をしています。

従属栄養性
渦鞭毛藻
シスト
と
独立栄養性
渦鞭毛藻
シスト



次、これが有明海で出てまいりました従属栄養性のプランクトン、これが独立栄養性のプランクトンという事で、こういったものの比率をみる事によって植物プランクトンの殖え方、そういったものを考察しています。

富栄養化に
伴って
従属栄養性
渦鞭毛藻シスト
が増加する



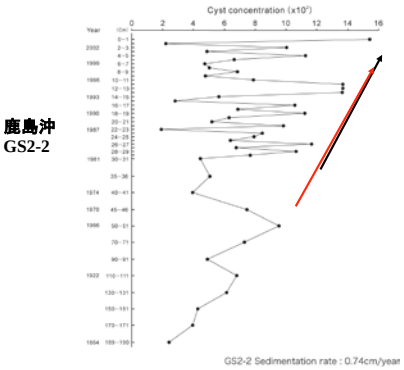
どういったものかといいますと、少し説明をしますと、栄養塩が増えます。栄養塩というのは窒素、リン、それから生物が生息していくためには炭素が必要なのですけれども、例えば炭素とか水とかいうのは、大気中に地球上に沢山有る物ですから、こういう物は基本的に栄養塩と呼びません。実は、窒素も地球上に沢山有る、N_2の形で大気中に沢山有るのですけれども、実は N_2は植物、或いは植物プランクトンは直接利用する事は出来ずに、いわゆる硝酸塩、亜硝酸塩、アンモニア塩というような形にならないと植物は利用出来ない。そうしますとこういう海水中、例えば堆積物中に含まれている窒素というのは少なくなってきますので、こういった物が栄養塩と呼ばれるような理由になるという事であります。そういう様な栄養塩が増えますと、まず植物プランクトンが先ほどお話ししました様に体細胞分裂をしてどんどん増えていくと、光合成をやって増えていくと、沿岸域には珪藻とそれから鞭毛藻と呼ばれる２つの大きな植物プラクトンのグループがあるのですが、例えば珪藻が増えるか或いは鞭毛藻が殖えるかというのは、環境にかなり支配されるという事であります。即ち、珪藻が殖えるといった場合には、当然珪藻は窒素、リン以外に珪酸塩というのが必要になる訳で、そういう珪酸塩が沢山ないといけないという事が１点。それからもう１つは珪藻というのは鞭毛を持たないで、あまり動き回る事が出来ない。従いまして、周囲の栄養塩が枯渇しますと珪藻は殖える事が出来きません。ところが、この鞭毛藻というのは２本あるいは４本等の鞭毛を持ちますので、浮遊生物といいながら自分で動き回る事が出来る。従いまして、周囲に栄養塩が無くなった場合に、その鞭毛を用

いて、その栄養塩のある所まで行き着いて栄養塩を吸収する事が出来る。そういう生態的な違いがあります。という事は、例えばその成層構造が発達しますと、栄養塩というのが、まずその珪藻が殖えてしまいますと、珪藻によって栄養塩が使われてしまいますと、珪藻はそれ以上殖える事が出来ません。ところが、そういうような環境でも鞭毛藻は鞭毛をもって、栄養塩のある所まで行き着く事が出来る訳ですから、成層構造が発達しているその海水の中を泳いでいって底層、海の底に近い所まで辿り着いて行って、栄養塩を吸収して、又、上の方に上がってくるという様な挙動を行う事が出来ますので、言ってみれば、海水の干満が多い所では珪藻が、それから成層構造が発達するような所では、鞭毛藻が殖えるというような事になります。ところが、この鞭毛藻にしろ、珪藻にしろ、こういった物は、従属栄養性の渦鞭毛藻の餌になるという事が観測されています。実際に渦鞭毛藻が珪藻を食べたりとか、あるいは従属栄養性の渦鞭毛藻が、独立栄養性の鞭毛藻を食べたりするという事が観測されていますので、結果的に従属栄養性の渦鞭毛藻が殖えるという事は、こういう餌が殖える。餌が殖えるという事は、栄養塩が増加しているというふうに考えるのが良いだろうという事であります。そういう様な考え方で先ほどの記録というものを見直してみますと、1970 年ぐらいからこういう従属栄養性の渦鞭毛藻が殖えたり、或いは、この鞭毛藻の色素が増えたりするという事は、栄養塩が増加しているのだろうというふうに考えるという事であります。

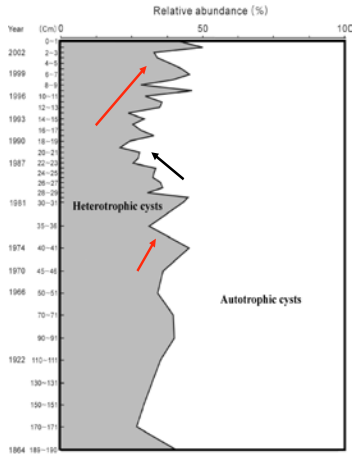
試料採取地点

次、それは、この諫早湾のデータであったので、今回は白石沖とそれから鹿島沖のデータを追加して考えてみました。

次、これが鹿島沖のデータで、年代はここにあります様に、平均堆積速度が 0.74 ㎝／イヤー、こういうふうに出ておりますのでそれを基に年代を入れてみました。一番底が 1854 年、1850 年代ぐらいまで遡れるだろうという事であります。1970 年代まで、これは全体として個体数が増加しているというふうに見えておりますが、1970 年度ぐらいに一旦減少して、それから又増加するというようなパターンが見えてきました。ここの減少が何を意味するのか、どういう事に起因するのかというのは、まだ充分に考察が出来ておりませんけれども、1980 年以降、又増加しているというような傾向があるという事が一点であります。



次、これも先ほどお話しました独立栄養性と従属栄養性の比率なのですが、これあまり諫早湾ほど綺麗に見えておりません。これも実は 1990 年代辺りから従属栄養性の分布が増えるというような事になって、この辺りが減少すると、一旦増えて減少して増えるという様なパターンが見られておりまして、この辺り諫早湾の状況と若干違う事が反映されているのかなというふうに思って



おります。

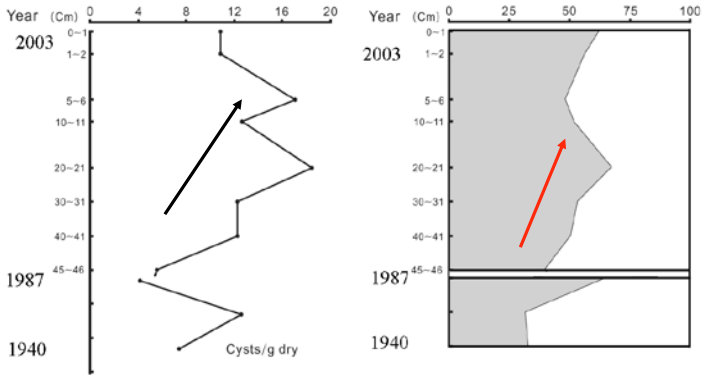
次、これは白石沖のデータで先ほど市原さんの方から説明がありました、昭和62年に覆砂が行われたという事で、実はここに大きなギャップが、そのギャップを全てグラフ化したもので、これが1987年という事になります。上の方は、非常に堆積速度が速いという事と、それから後から百島先生の方からご説明があるかと思いますけれども、ここの部分は非常に攪拌されていますので、深度別の年代をきちんと出す事が出来ないという状況にあります。とは言え、1987 年以降から個体数がやはりかなり増えているという事と、それから従属栄養性のグループが殖えているという事が、白石のコアでは言えるのかなというふうに考えています。

次、これをまとめてみますとこういうふうになります。1970 年代以降にこういう個体数が増加するというふうに１つみる事が出来る。それから 1980 年代後半に、その従属栄養性の渦鞭毛藻が一旦減少してその後増加するという事が、この諫早湾の柱状試料と比較してみますと、実はシストの個体数が３分の１程度ぐらい、非常に少ないという事が分かりました。それから、それと共に独立栄養性のシストが諫早湾のコアに比べると多いという事が分かりまして、これが何か鹿島沖或いは白石沖の環境と諫早湾の環境の違いを反映しているのかどうかという事を、これから詰めていきたいというふうに思っています。

次、同じ様な研究というのは、我々のグループだけではなく、実は熊本大学の今日お見えになっていますけれども秋元先生のグループでも行われていまして、これは熊本沖のコアを用いられたデータで、内容の解釈はともかくカットいたしまして、こういう底棲の有孔虫という同じ原生生物である物を用いて、こういう環境の変化を形にした、こういう仕事もあります。

次、これはそこの同じコアで珪藻のスケレトネムコスタータムというものの変化を追いかけられたものでして、上位に向かってコスタータムが殖えている。このコスタータム、スケレトネムコスタートム

白　石　St. A



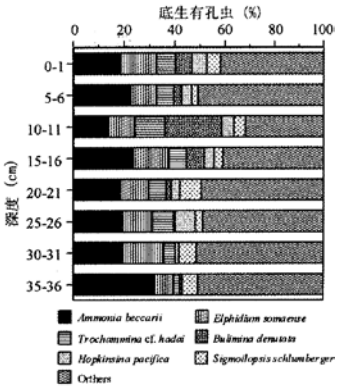
有明海湾奥部堆積物中の渦鞭毛藻シスト群集変化

1. 1970年代以降
渦鞭毛藻シスト個体数が増加
（但し，大局的に見ると1860年代からこの傾向がある）

2. 1980年代後半に従属栄養性渦鞭毛藻
シストの割合が一旦減少し，その後増加

3. 諫早湾柱状試料の渦鞭毛藻シスト群集と比較して，
・シスト個体数が1/3程度と少ない．
・独立栄養種シストが多い．

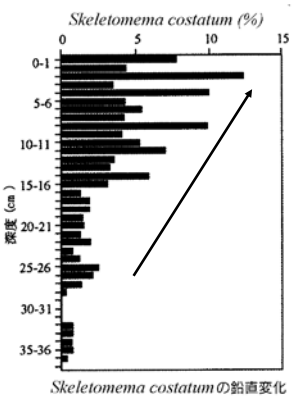
底棲有孔虫の変化



秋元他

図4　有孔虫の鉛直変化

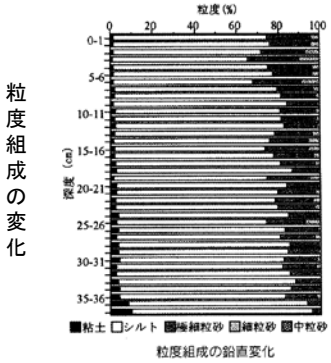
富栄養化指標珪藻の変化



Skeletomema costatumの鉛直変化

秋元他

というのは珪藻の中でも富栄養化の指標種であるといわれていまして、この熊本沖でも上位に向かって富栄養化という事が想定されるという事になろうかと思います。



粒度組成の鉛直変化

次、これは同じ試料の粒度組成の変化という事なのですが、ここは実は面白い事に粗粒化しているのです。上部に向かって粒度が粗くなっている。こちらの方が粘土の割合、こちらの方が砂、或いは砂の割合になりますけれども、上に向かって砂が増えていっているという傾向があります。やはりこういう堆積物の変化というのは、非常に地形的な影響だとか或いは後背地の河川の影響とかを受ける訳で、そういうふうな事を見てまいりますと、先ほどのそのアサリの生息の場と、それからこういう場である底質の環境、それと、餌である植物プランクトンの挙動とを組み合わせて考察を進めていかなければという事になろうかと思います。その辺りは総合的な考察が必要になるというふうに思っております。少し長くなりましたけれども、私の報告を終わらせていただきます。

何かご質問ございましたら。

【 堤先生 】

19 番目の資料ですか、多い、少ないに関する確認なのですけれども、統計学的にまず、検討しないと多い少ないと言えないのですけれども、どういうふうな処理をされたのですか。増えている、減っているというふうになっているのですけれども、それはまず統計学的に検討しないと、多い少ないというのは、増減というのは確実には言えないと思うのです。

【 松岡先生 】

基本的に過去のある一定の期間、例えば 10 年、下の方の部分で、個体数で言えば 500 個体有るか無いかという事になります。そういったものを 1 つ平均値というふうにみまして、それから増加しているか減少しているかという様な形で今説明をさせてもらっています。ですから、統計的なというところでは分からないところがあるのですけれども。

【 堤先生 】

コアだから、コアは多分 5 本とか 10 本とって、平均と分散をとって、それで、その頻度が上の方と下の方と統計学的に違うかどうかという事を、検討すればそれで良いのではないかと思いますけれども、それ程、そんなに本数が取れるようなのだろうかなと思います。

【 松岡先生 】

だから、これは 1 本のコアでやっている訳ですから。

【 堤先生 】

1 本のコアですか。

【 松岡先生 】
はい。1 本のコアです。

【 堤先生 】
それはサンプリングエラーの可能性もありますね。

【 松岡先生 】
可能性もあります。

【 堤先生 】
そうしたら統計学的にどうこうという事までは言えないですね。

【 松岡先生 】
ですから、諫早湾の方では 2 本のコアを用いて同じような傾向があるかどうかという様な考察の進め方をしています。

【 堤先生 】
それと、その河川からの栄養塩流入量というのは、有明海だと大体 1970 年の後半ぐらいから国土交通省の記録がありますので、それから計算するとＴ‐Ｎ とＴ‐Ｐですけれども、総流入量というのは全然変化していないです。ですから富栄養化というのをどの時間スケールで考えるのかというのは非常に難しいと思います。ずっと昔の江戸時代とかに遡ると、多分人間の方が少ないですから、絶対流入量とか少ないと思います。ですからどの時間スケールでのというものを、そこを比べれば、絶対Ｔ‐Ｎ とＴ‐Ｐの流入量というのは増えていると思うのですけれども、ですから、どのレベルで、時間軸で言われているのかなと思います。

【 松岡先生 】
これは諫早湾のデータですが、下の方が 1850 年ぐらいになっていると思いますけれども、その頃の個体数というのは2000個体以下でずっと継続しています。それが1970年ぐらいから急に上がって2000個体以上に増加しているという、それが 1 つです。ですから富栄養化といった場合に、そういう傾向1850年から 1960 年ぐらいまではほぼ同じ様な傾向が継続している、同じ様な状況が継続しているので、そこまではそんなに栄養塩の変化はなかっただろうと。
1970 年以降にこれが増え始めているという事で、こういうその植物プランクトンが活動する事が出来る栄養塩が増えたという、こういうふうな考察の仕方をしています。
どうしましょう。もう一方いらっしゃるのですけれども、総合討論の所でお願いします。
時間も押していますので次に入らせていただきます。
次は、田端先生から「有明海底泥の深さごと重金属濃縮から見た環境変化の歴史」という事でご報告をいただきたいと思います。よろしくお願いします。

④有明海底泥の深さごと重金属濃縮から見た環境変化の歴史

キーワード　金属濃縮、年代別環境変化

【 田端先生 】

佐賀大学の田端です。どうぞよろしくお願いします。

次は先ほど何度も示されました有明海の深さごとの試料を用いて金属がどういうふうに濃縮をしているか、或いは、年代別にどういうふうに環境変化を受けているかというのを、報告いたします。座ってお話をさせていただきます。

この研究の目的は有明海底泥における金属濃縮機構の解明、金属濃縮がなぜ起こっているか、蓄積金属濃度間の関係、濃縮係数についてお話をいたします。主に平成 17 年度のデータを中心に、そして 18 年度の分は後でお話をいたします。

これは一般的な図でございますが、こういうふうに泥の所にはナミアソビ等が住んでいて、砂の所にはオキシンガイ或いはシオフキの様な貝類が住んでいるという事でございます。採取地点は先ほどの話と同じです。

次、これも同じですが表面から川副は 400 ㎝(18 サンプル)それから鹿島は表面から 140 ㎝(16 サンプル)までサンプリングされたものであります。

次、この図は省略いたします。大体いつも同じです。

次、金属濃度それから、他にこの NPO 法人で測定されました粒子の大きさ、AVS、或いは TOC について関連を付けてお話をいたします。

次、先ほどもお話がありました様に、粒子を見ていただいても川副の方は粗い粒子であります。砂状である。それから粒子の大きさはそれこそ深さに一致しません。一方、鹿島の方は、細かい粒子であって、粘土で、いくつかの例外を除いて深くなる程粒子は小さくなる。西海岸ほど泥化して東海岸は砂地である。よく言われている事でございますが、こういう傾向が出ております。

次、これは以前測ったデータでございますが、明らかな様に西海岸が泥化をしている。東に比べて、だから筑後川から大雑把に見てですが、筑後川から来た水がこういうふうに左にまわって、それから勿論こちら側からぶつかる方向もあるでしょうから、左側に濃縮、泥がたまっている事が分かります。この泥化が金属濃縮にどう影響を受けるかをお話したいと思います。

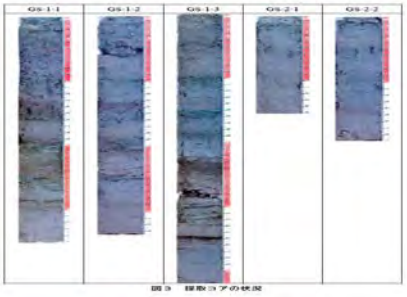
次、小さな数字で申し訳ございませんが、川副と鹿島について、ここに示す様な金属を測りました。メインの金属は、泥の主成分は、鉄とアルミニウムが主成分で、いくら

研究の目的

- 有明海底泥における金属濃縮機構の解明
- 金属濃縮の要因
- 蓄積金属濃度間の関係.
- 濃縮係数

A=川副
B=鹿島

採水底泥の様子

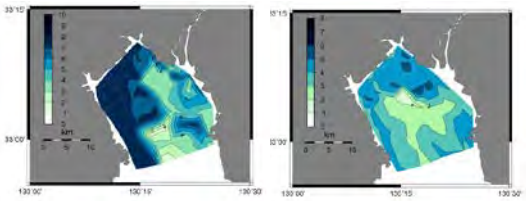


- 底泥の概観

川副
粗い粒子, 砂状, 粒子の大きさは深さに依存しない。

鹿島
細かい粒子、粘土、いくつかの例外を除いて深くなるほど粒子は小さくなる。

粒度と溶存酸素分布



粒度　　溶存酸素

かマンガンもあります。これらは後で示しますが、こういう金属が他の微量金属を濃縮いたします。大体の傾向は川副も鹿島もあまり変わりません。ごく微量ですが順番は少ししか違わないものなのですが、平均値で示しますと水銀や錫は非常に少ない。砒素も少ない。有害な物はそれ程沢山入っておりませんが、ここに示します様な亜鉛、鉛、銅はかなりの量がそれぞれの泥に入っております。

平均金属濃度 (μg /g)

•川副

Al (652.1-2542.5) As (0.19-0.58) Cd (0.28-0.67) Zn (4.75-19.47), Cu (0.20-3.29), Cr (0.55-1.51), Fe (918.2-1987.05), Pb (1.31-3.12), Mn (190.9-581.04), Sr (37.67-77.91), Sn (0.01-0.26) Hg (0.01-0.64)

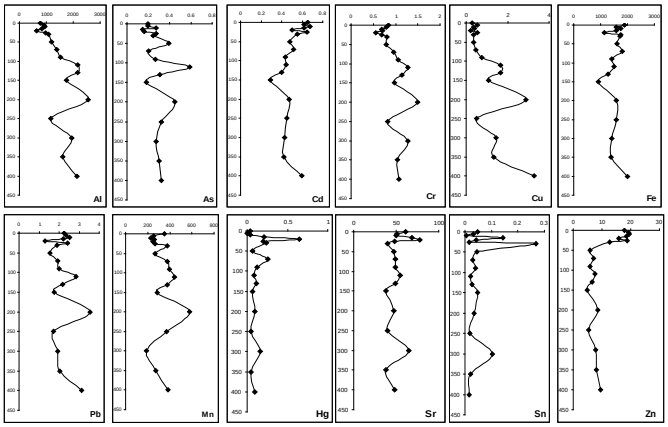
Fe > Al > Mn > Sr > Zn > Pb > Cu > Cr > Cd > As > Hg > Sn

•鹿島

Al (897.94- 3040.02) As (0.01-0.60) Cd (0.35-1.05) Cr (0.40- 2.06) Cu (0.03-4.66) Fe (152.58-2087.1) Pb (0.11-8.09) Mn (254.81-634.37) Hg (0.04-0.08) Sr (55.04- 135.08) Sn (0.05-0.28) Zn (6.28-45.35)

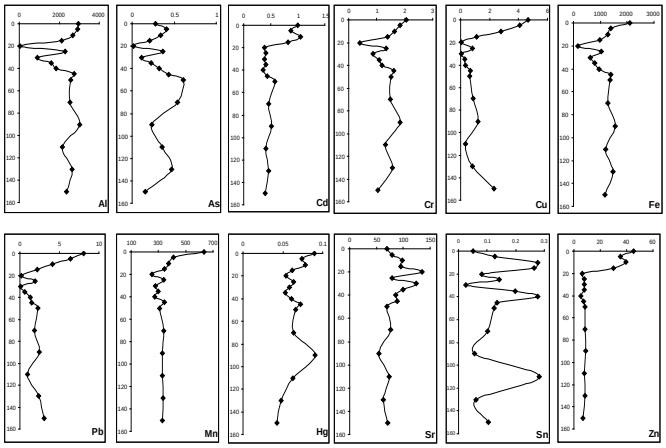
Al > Fe > Mn > Sr > Zn > Pb > Cu > Cr > Cd > As > Sn >Hg

深さごと金属濃度（川副）



次、これは小さな図で見難いと思いますが、全体の傾向だけ見ていただければ分かると思います。金属濃度を ABC 順に書きました。アルミニウム、カドミウム、クロム、銅、鉄、鉛、マンガン、水銀、ストロンチウム、亜鉛、もちろん濃度の単位が違いますので見難いと思いますが、この図に示しておりますし、それからサプリメントとしても事務局の方で準備していただいておりますので、それを見ていただければと思います。重要な事はその泥の主成分のアルミニウムとそれから鉄です。例えば鉄は殆んど年代によって変わりませんし、それからアルミニウムはかえって川副の方は少し減少をしているという事であります。本来、もし泥の堆積が河川から運ばれるものであれば、河川に注ぐ地質の組成をそのまま反映する訳でございますが、有明海の中に入ってきて、しかも河口から注がれた海水は時計方向に、或いは少し回っておりますので、ある局部的に金属濃縮が起こっております。

深さごと金属濃度（鹿島）



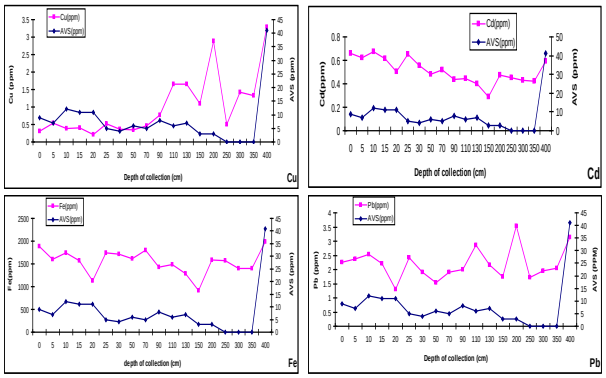
次、これは鹿島です。鹿島も余り変わりません。アルミニウムとか鉄が増えている。一方、鹿島は非常に良く見ますと、後で述べますが、鉛とかマンガンとか水銀もそうですが、或いは銅のような一部の金属が浅い所にかなり濃縮されております。カドミウムも濃縮されます。それから極端に亜鉛も濃縮されます。一般的に亜鉛がある所には、その 1 パーセントぐらいは必ず天然に有るわけですから、それは同じ傾向を示します。ある金属だけが有害な物だけが無いというわけではありませんので、金属間には相関関係がありますので、ある金属が濃縮すれば、他の物も同時にあるという事があります。問題は、川副はそれ程深さ毎に大きな変化はありませんでしたけれども、鹿島については浅い所に大きな変化があって、近年こういう鉛あるいは亜鉛、カドミウム、鉄もそうですが、銅も増えているという事が分かります。

次、どうしてこういうふうになるか、色々な事もいえますが、これは NPO 法人で報告されたデータをそのまま使いましたが、全有機炭素は、その川副は低い。TOC で表面から 150 ㎝にかけて増大、それ以降は深さに無関係。鹿島は高い TOC である。深くなる程、減少しています。

次、それから川副と鹿島をみても分かりますように、鹿島の方が泥化して泥分率も大きくなっているという事が分かります。これは、TOC と AVS の上の川副と鹿島を比較したのですが、当然、NPO 法人のデータでございますが、鹿島の方は年々こうやって浅い所に増えてきているという事が分かります。

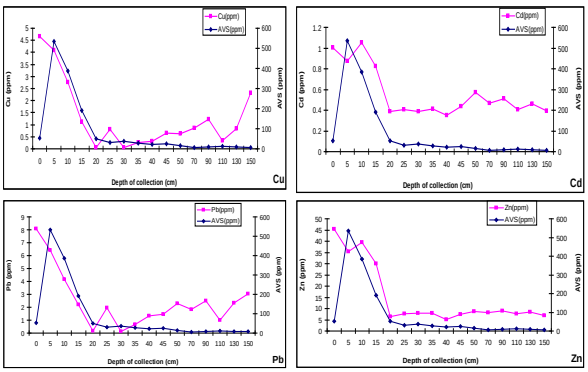
次、それでいくつかの大体の傾向だけ見ていただければいいと思いますが、川副についてはそれ程年については大きな変化が無いて、赤が金属の濃度で色を変えたもので、下の方が AVS とどういうふうな関係があるか、金属が硫化物質として本当に濃縮しているかどうか、データを知りたいと思いましてこういう事をいたしました。

金属濃度とAVSとの関係（川副）



次、鹿島を見てください。鹿島は先ほどの川副と大きく違いまして、こういうふうに、これは AVS ですが、AVS が増えている所に銅が増えてきている。それからカドミウム、皆右側から左に行くにつれて増えている。もちろん AVS は表面から酸化されますから、AVS としては測定しにくいのですが、その値を見ますとこういうふうに増えている事が分かります。

金属濃度とAVSとの関係（鹿島）



次、それから TOC、有機物ですが、有機化合物と関連しますと、川副というのは大体、先ほどの AVS よりもっと関連付けられることが分かりました。

次、これは鹿島です。鹿島も同じ様にこういうふうである。こういうふうに海底の中の金属濃縮は、本来ならばアルミニウムや鉄、時々マンガンも影響しますが、それによって金属濃縮が起こりますが、有明海においては、トータルな有機物濃度がかなり金属濃縮に大きく影響をもたらしている。微量金属の濃縮をコントロールしているのは、鉄、アルミニウムの他 TOC 或いは AVS、硫化物もそうだというふうに考えております。

次に今度はこうやって普通の地球上に組成する、地核に存在する金属の分布に比べて、有明海の方は金属の濃縮が起こっているかどうか、或いは殆んど変わりがないかという事を調べていったのが濃縮係数であります。つまり最初に申しました様に、普通の地核の泥が溶けて有明海に堆積するものであれば、地核の成分比をそのまま反映する訳でございます。従いまして、スタンダードとしてアルミニウムを採ってデータを解析いたしました。

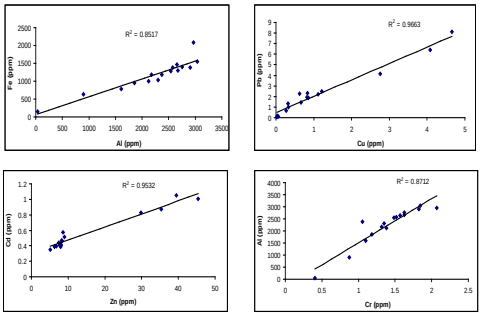
次、こういうふうに数値が上にある。これは全部濃縮されている。回って一番大きなストロンチウム、黄色の砒素とかブルーの錫とか鉛とか、それから皆とにかく何でもかんでも、カドミウムも濃縮されているという事が分かりました。幸いにして水銀はかえって有明海の方は少ないという事が分かりました。これは地球の、もちろんこれは色々な比較法があろうかと思います。これは、もっといい方法は先ほどの年代設定が分かって、例えばこれが、ある 110 ㎝ぐらいが江戸の始めだったら、江戸時代に比べてど

うなのだという見方もあろうかと思います。例えば、130 ㎝ぐらいが江戸時代だとしますと、それからずっとこう増えてきているという様な事が分かるのではないかと、それよりも増えてきている。

次、これは同じ鹿島です。鹿島はこういうふうに、ある 20 ㎝の所で非常に低い値が出てまいりました。色々プランクトンの数とか色々な事が何かが起こっていると思いますが、これは未だ解明しておりません。傾向は先ほどと同じです。色んなものが濃縮されて、過去よりも最近が、少し濃縮効果が大きい。20cm の所は特別な現象が起こっているであろうというふうに考えております。

次、これは金属相関であって、鹿島についてアルミニウムが多ければ鉄が多い。銅が多ければ鉛が多い。亜鉛が多ければカドミウムが多い。クロムが多ければアルミニウムが多い。つまりこの図は泥化すれば色んなアルミニウムや鉄の濃度が相対的に増えて、それによって一緒に共同沈殿をするわけですから、アルミニウムや鉄は加水分解して沈殿しやすいので、それをそのまま他の金属も共同沈殿が海底では起こっているのではないかと考えています。

金属相関関係（鹿島）



次、これは単なる濃縮係数ですが、1 に近い程それらはお互いに相関関係が高い。先ほどから何度も申します様に亜鉛とカドミウムは当然相関関係が 0.95 ぐらい、非常に高い値です。或いはアルミニウムとクロム、アルミニウムと鉄、アルミニウムとストロンチウム、これは化学の基礎ですが、アルミニウムの様な加水分解しやすい物は、加水分解金属イオンと同じ相関関係が良くなります。アルミニウムは当然鉄と、或いはクロム、ストロンチウムとであります。一方、ソフトなメタルは、それぞれ銅とか鉛に大変良く関係します。例えば銅は鉛と直線的に関係づけられる。化学のよく言う HSAB、ハードアンドソフトアシッドアンドベイシスの略で化学の性質がそのまま泥の堆積に現れている事が分かりました。

金属濃度相関関係（鹿島）

	Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Mn	Hg	Sr	Sn	Zn
Al		0.44	0.21	0.87	0.32	0.85	0.41	0.31	0.28	0.75	0.00	0.15
As			0.01	0.35	0.00	0.31	0.04	0.02	0.03	0.37	0.01	0.00
Cd				0.37	0.64	0.26	0.65	0.52	0.37	0.01	0.02	0.95
Cr					0.41	0.89	0.54	0.50	0.54	0.55	0.00	0.32
Cu						0.43	0.97	0.72	0.27	0.12	0.02	0.72
Fe							0.56	0.58	0.37	0.67	0.02	0.22
Pb								0.80	0.33	0.19	0.01	0.70
Mn									0.37	0.14	0.03	0.61
Hg										0.08	0.00	0.33
Sr											0.00	0.00
Sn												0.01
Zn												

金属相関関係（川副）

	Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Mn	Hg	Sr	Sn	Zn
Al		0.40	0.33	0.87	0.77	0.02	0.30	0.34	0.09	0.09	0.04	0.44
As			0.06	0.38	0.27	0.01	0.26	0.31	0.12	0.07	0.07	0.19
Cd				0.26	0.06	0.59	0.08	0.03	0.00	0.08	0.00	0.73
Cr					0.62	0.00	0.32	0.39	0.12	0.04	0.01	0.36
Cu						0.00	0.53	0.30	0.06	0.03	0.05	0.15
Fe							0.20	0.03	0.07	0.00	0.00	0.12
Pb								0.34	0.16	0.01	0.05	0.01
Mn									0.02	0.09	0.00	0.15
Hg										0.38	0.05	0.03
Sr											0.00	0.20
Sn												0.01
Zn												

次、川副もそうです。川副は少しリレーションが繋がっていて、余り鹿島ほどきれいなリレーションは見られませんでした。

次、従いまして金属相関ではこの様なアルミニウムとクロム、銅、カドミウムと亜鉛、鹿島の方がより高い相関関係が得られたという事をまとめております。

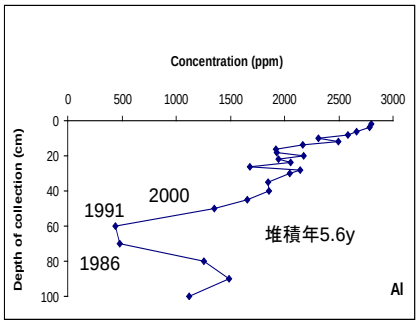
金属相関関係

川副
Al, Cr, Cu and as well as betweenCd, Zn

鹿島
高い相関係数：Al, Cr, Sr, Fe, and as well as between
Cd, Zn, Cu, Mn, Pb, Zn

次、これは実際の物ですが、先ほどの何度も出てきますように、1987 年に覆砂をした。これは私が慌てて百島先生のデータをもらって少し計算したのですが、もし誤っていたらご指摘いただきたいのですが、この辺が 1986 年、198 1 年、これをみますと明らかに覆砂している所にはアルミニウムが入っているのですが、アルミニウムがぐっと低くなる。これからいろんな事が分かります。例えば埋めた物は砂や普通の鉱物でないということが分かります。砂とかああいう物を使いますとアルミニ

白石底泥 (1987 埋め立て)



ウムは増える筈ですが、減っているという事は随分海底の組成と違う物を埋めたという事が分かる。それから、それが何年埋めて持つか、せいぜい持つのは 5 年ぐらい、それから直ちに元に戻っている。アルミニウムは流れた物はそのまま示しますから、ただ流出された物がそのまま示しますから、覆砂をしても、それは直ちに 10 年ぐらいすると元に戻って、その後どんどん堆積が起こってという事が考えられます。

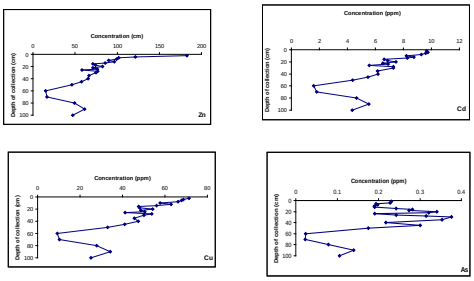
同じ様な事は皆に起こります。先ほどはアルミニウムを話しましたけれど、亜鉛もそうであります。カドミウムも、銅もヒ素も、全ての元素が先ほどと同じ様に、ある金属が少ないとそれに伴って他も少なくなる訳で、覆砂をした時には全ての元素がそこに少なくなっている。この図から覆砂をした種類が予想出来るかもしれません。通常の泥とか砂ではないような気がいたします。

次、一方水銀とかは微量な物質ですが、微量金属はそれ程覆砂に大きな影響は受けず、少し却って錫が高いので、錫が入っていたのかなという気がいたしますが、埋立てに対して全体の量は少ない、ppb のオーダーであります。

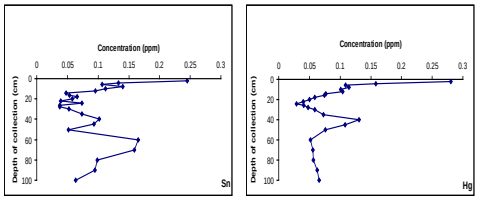
次、埋立地の特徴は深さ 67ｃｍのこんな低い値を示す。埋め立て工事記録と一致している。5 年後には埋め立ての効果は消えて、錫以外で多くの金属濃度が低いほど砂以外の物で埋め立てられている。浅い所で金属濃度が膨大していることが分かります。

次、まとめますと、泥は金属を濃縮してもちろん海水では少ない。海水中の金属を有明海の泥が濃縮をすればその海水中に生息する生物に対するリスクは小さくなります。この前も高校生相手に実験したのですが海水に銅を 2ppm から 10ppm 入れますとアサリは死にます。しかしながらそれに泥を入れる。泥を入てから同じ様に銅を加えて良くかき混ぜて上の方の上澄み液を取ってアサリを入れると、アサリはちゃんと生きている。そう言うふうに海底の金属濃縮というものは海水中の金属を下に濃縮しておりますから、全体としては海水中の金属濃度が他の海に較べて小さいと考えています。金属濃縮がただ単にアルミニウム、鉄だけではなく、先ほどの松岡先生のお話しにもありましたようなプランクトンの死骸といったような有機物も色々な金属濃縮をコントロールしているという事が分かりました。金属相関が高い、化学的性質が似たアルミニウム、鉄、マンガン、TOC、AVS が微量元素の濃縮を制御している。そこら辺の地球科学以外の TOC、AVS などのものについて有明海の特徴ではないかと思います。最後に申しましたが、批判を受けるかも知れませんが、埋め立て効果の持続性が少ないという気がいたしました。以上です。どうもありがとうございました。

微量元素の濃縮



SnとHg



Al > Fe > Mn > Sr > Zn > Pb > Cu > Cr > Cd > As > Sn >Hg

埋め立て地域の特徴

- 深さ60-70cmのところで低い値を示す。
- 埋め立て工事記録と一致
- 5年後には埋め立て効果は消えている
- 錫以外で多くの金属イオンの濃度が低いので、砂以外のもので埋め立てられている。
- 浅いところで全ての金属イオン濃度が増大

まとめ

- 底泥は金属を濃縮する。海水中は少ない。
- 生物の利用及び生物に対するリスクは小さい。
- AVS, TOC 金属を結合する。金属濃度との関係が深い。
- 金属間の相関が高い。化学的性質が類似の金属が濃縮される。
- Al, Fe, Mn、TOC, AVSが微量元素の濃縮を制御している。
- 埋め立ての効果の持続性が少ない

【 松岡先生 】
ありがとうございました。ご質問何かありますでしょうか。

【 速水先生 】
埋め立ての効果の話しをされた時に全体の入ったスライドを出されたと思うのですが、最後から 2 番目になりますがそれをもう少し。

【 田端先生 】
百島先生の方から話があるかと思いますが、深さのところで、ここからここまで例えば、ここ、この辺は 86 年に 70 ㎝から 80 ㎝ぐらいは何年だと書いておられますが、それから上の方が良く分からないのです。攪拌とか何とか、そこに書いてあった表から私は拾って何年だと、この辺は何年だと、おおよその年代だと思って下さい。

【 速水先生 】
ここに 91 年で 60 ㎝とかなり堆積が大きい様に思うのですが、これは。

【 田端先生 】
この間報告されていましたが堆積速度はかなり速いです。

【 松岡先生 】
それも含めて百島先生が後で触れられていると思いますので。

【 田端先生 】
これは私の解釈ですから、間違っていたらいけませんので、百島先生に詳しい説明はお願いいたします。

【 松岡先生 】
そここで休憩をさせていただきたいと思います。3 時 35 分まで休憩をいただきたいと思います。

**** 休憩 ****

（3）全体討論

「テーマ：過去から現在までの干潟・浅海域における底質環境の変遷」

【 松岡先生 】

全体討論の方に入らせていただきます。

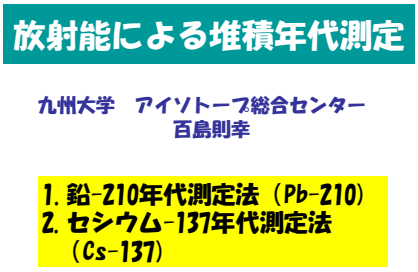
前半の方で４名の方々に今までの成果の報告等をしていただきましたが、その中での１つ、こういう研究の一番重要なポイントと言うのは、堆積物の年代をどういうふうに推定するか、或いは堆積速度をどういうふうに推定していくのかというような事であろうかと思います。その堆積速度、或いは堆積年代の推定につきまして、九州大学の百島先生の方から基本的な考え方、見方というものについてまずご紹介をいただこうと思っております。

先ほど速水先生の方からもご質問がありましたようなところ、多少関連してくると思いますので、そういうところも含めてまず百島先生からお話をいただき、続きまして堤先生の方から粒度組成、田端先生の方から重金属の変動等についてお話をいただいたのですけれど、もう少し窒素とか、炭素の安定同位体の挙動だとか或いは粒度組成等を含めて、その変化というものについて情報を提供していただいて全体の討論に進ませていただこうと思います。

まず、百島先生の方から堆積速度と堆積年代の推定の方法についてご説明いただこうと思います。よろしくお願いします。

【 百島先生 】

九州大学の百島でございます。放射能による堆積年代測定という事でご紹介いたします。放射能は時間情報を持っておりますので過去の年代を知る事が出来ます。堆積物については色々な放射能が使われますけれども、今日はここにあります鉛 210 の年代測定（Pb210 という言い方をします）と、それからセシウム 137（Cs137）の年代測定の二つについてご紹介したいと思います。

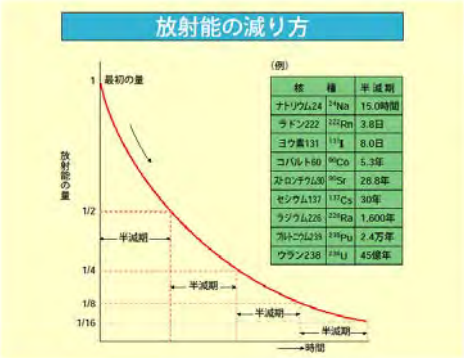


次、まず大地には放射能が存在しています。我々の生活圏には放射能がたくさん色々な所にあります。そのうちの大地にある放射能をこの年代測定には使うという事になります。

1. 大地には放射能が存在している

次、放射能が持っています１つの性質、放射能は半減期という時間軸に従って減少していくという事です。ここに最初の放射能の値というのが書いてありまして、横軸に時間が書いてありまして半減期というのがありまして、これが放射性核種で決まっている固有な時間です。これは我々がいじる事が出来ませんで、鉛 210 ですと、22.3 年という半減期で減って行く。減り方は、最初１あったものが、半減期分時間が経過しますと放射能が 1/2 になります。それからまた半減期分、時間が経過しますとこの 1/2 の 1/2 ですから 1/4 になります。ですからこの減り方は指数関数的に減るという形になります。

2. 放射能は半減期に従って減少

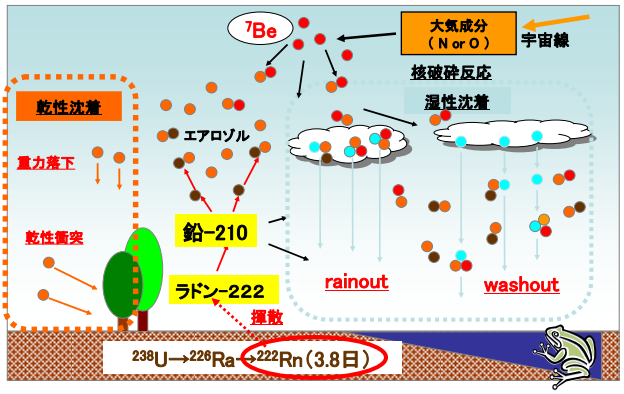


それからもう１つの放射能の特徴は、放射線という

物を放出いたしますけれども、放射線の種類はα線、β線、γ線などがございます。

次、まずこの鉛 210 ですけれども、その基になりますのはここにラドンの 222 というのがあります。ラドンと言うのは放射性のガスでして、地面の中にウランの娘核種としてありますけれども、その娘核種が拡散で地表面から大気に出て来ております。これは常に出てきておりまして、それから放射壊変というものを経まして最後は鉛 210 になります。ラドンは 3.8 日という半減期で、大気中で壊れていきますけれども娘核種は非常に短い半減期で鉛 210 まで 4 時間ぐらいで変化してしまいます。鉛 210 は大気中で原子状態として生まれるわけですけれども、大気中にありますゴミとくっつきまして空気中を漂っております。それらの放射性核種を、鉛 210 を含みますエアロゾルは乾性沈着、重さで落ちたり衝突で落ちたり、或いは殆どはこの湿性沈着、雨に捕捉されて落ちる部分があります。それで鉛は大気から地面に落ちていくという事です。

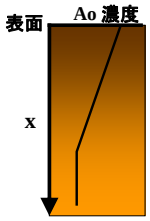
3. 地表から大気へ揮散したラドン-222は鉛-210になり地面へ戻る



次、この鉛は地表面に溜まっていくわけですけれども、それは湖の上でも海の上でも同じ事です。それからもう 1 つ海とかダムなどの底土は、直接そこに落ちた物以外に流域から水と一緒に入ってきた分も溜まっていきます。ですから、そういうふうにして鉛 210 は溜まっていく。そうすると仮定としては底土の表面に定常的に溜まる、一定量が溜まっていくという考え方が基本になります。A_0 という濃度です。ただし、この時には鉛を保持しています泥とかそういう物も一緒に溜まっていきますからその中に同じ濃度の物が入っているという考え方です。ですから泥の量が多くなれば鉛の濃度は結果的には下がります。そしてそれが定常的に溜まっていけばそれより下の所は時間が経てば鉛の放射能で減っていきますので、深い所に行けば放射能は下がっていくという事になります。それからずっと深い所にいきますと、鉛は大気に出て落ちてきた物以外に元々土壌粒子の中に含まれていますウランから生成します鉛 210 の濃度になります。我々が必要なのはそれに付加された、つまり余計にその泥の中に入ってきた分の放射能を測定するという事が必要になります。

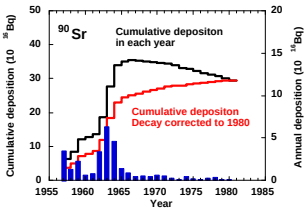
鉛-210堆積年代測定法（半減期22.3年）

1. 対象：湖沼底土、海底土、ダム底土など
2. 底土表面に鉛-210が定常的に堆積する　（濃度Ao）
3. 表面より下の鉛-210は減少
4. 深部では一定値になる（ラジウム-226による鉛-210の存在）



次、ではもう 1 つのセシウム 137 の堆積年代測定、セシウム 137 というのは人工放射性核種で核実験により供給されております。左にこれはストロンチウム 90 という、セシウム 137 と同じ様に核実験で供給されました物の、横軸年代でどれだけ降ってきたかというパターンです。ブルーの棒がその年にどれだけ地表面に落ちたかという量です。一番沢山落ちたのが 1963 年です。1963 年を我々は堆積物の中にセシウムの一番高い濃度のものがあれば、それを 1963 年と決めつけてしまいます。そういう堆積

セシウム-137堆積年代測定法（半減期30.1年）

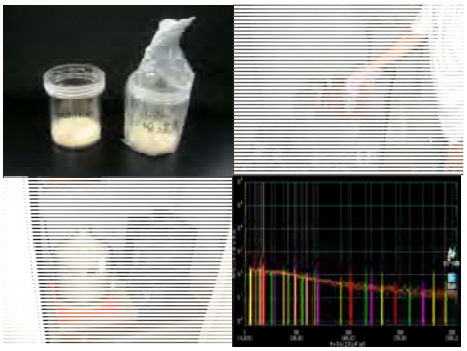


1. セシウム-137は過去の核実験で地表に蓄積した
2. 堆積物中のピークを1963年とする

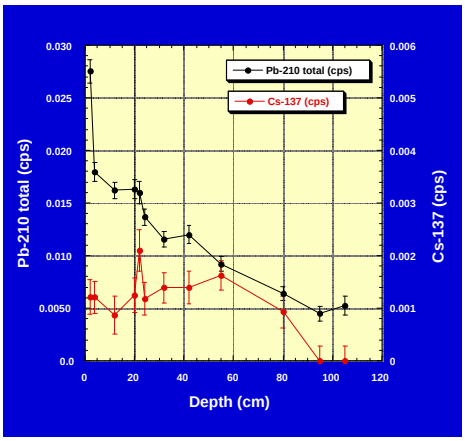
年代測定法がセシウム 137 です。

次、これは泥をとってくるわけですけれども、次、泥を表面から何cmで切るかは、実験者にまかされるわけですけれど、2 cmとか 1 cmとかその程度の幅で切っていきます。そして乾燥させます。

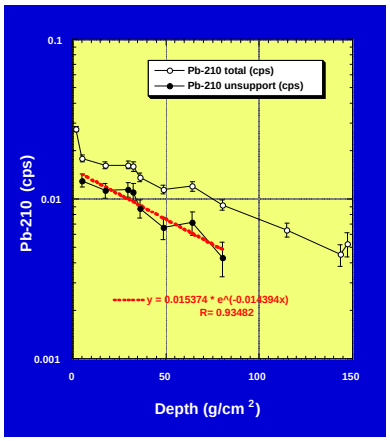
次、左上にプラスチックの容器がございますけれどもこの中に乾燥した物を詰めているだけです。そしてその下にありますのが測定装置です。こちらは液体窒素が入っていまして、これから出てきますこの場合はγ線を測りますけれども、γ線を測る結晶がゲルマという単結晶を使いますので、それを液体窒素で冷やしています。環境中にはたくさん放射線がありますのでそれを遮蔽して、この試料から出てくる放射線だけを、γ線だけを測るというために約 20 cmの鉛で遮蔽しています。　サンプルを入れる時には上の鉛のブロックをどけて入れてまた蓋をして測る。ここにスペクトルが出ていますけれども、横軸がγ線のエネルギーで、少し見にくいですけれどもこの赤い色のついているものが全て出て来たγ線のピークという事になります。



次、その中からこの鉛 210 のγ線のエネルギーに相当するピーク、面積と、セシウム 137 に相当するものを抜き出して深さ方向にグラフを作っているわけです。この黒いものが鉛ですけれど、大体こんなふうに深さ方向に減っていく。ですから右側に行けば 120 cmと書いてありますが深い部分ではほぼ一定値になります。セシウムについても何となく黒くボーっとブロードなピークになっていて、この辺が一番濃度が高いから、この辺が 1963 年くらいかなという様な想像をするわけです。



次、それで鉛 210 をやる時には、先ほど深い所になると一定値になると申しましたけれども、その分を差し引いて、余分に空から落ちてきた分だけの傾きを取るとこういう形になります。この時に放射能は指数関数的に減りますので対数で直線を引く事が出来ればこの傾きが堆積速度をあらわす事になります。ここに放射能が半分になる深さ、つまりここの放射能が半部になる深さの所はこの鉛 210 の半減期であります 22.3 年経過した深さであるというふうにして堆積速度を計算いたします。ここに堆積速度はグラム／平方cm／イヤーと書いていますけれども、普通cmで深さをとりますけれども正確に堆積速度を測る時には単位面積あたりの粒子の沈降重量を使う必要があります。



堆積速度の計算

A(x) = Ao･exp(-λ･t)

放射能が半分になる深さの層は、半減期の時間に相当する過去、すなわち22.3年前に堆積したものとして

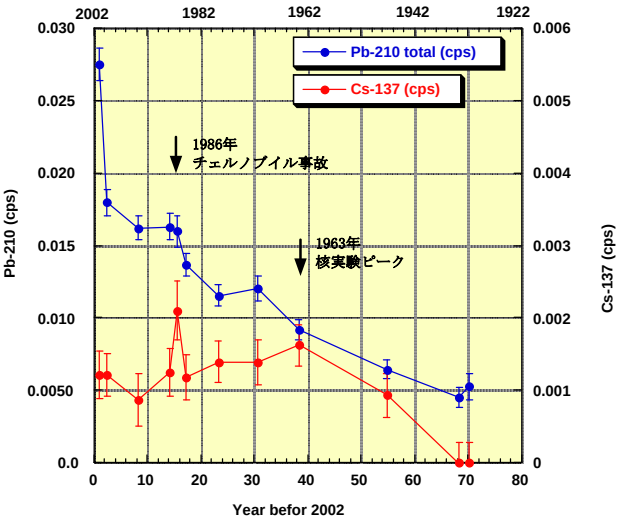
堆積速度を計算

＝2.1 g/cm^{-2}/y

次、その様にして堆積速度を求めますと、この辺が 1963 年になってセシウムのピークと大体あいま

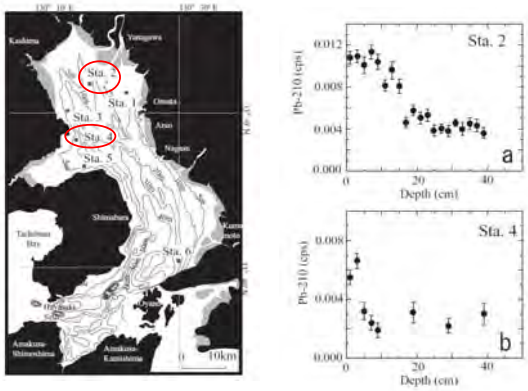
すとか、チェルノブイリの事故が 1986 年ですのでその辺でもセシウム 137 が来ていますのでそれとも合うと、もっともらしいというような話になるわけです。

次、これが有明海で測定しました、今回のプロジェクトとは関係ございませんけれども、このステーション 2 という川副沖ですか、それとステーション 4 の 2 箇所でとった鉛 210 の横軸が深さ方向のスペクトルですけれども、ステーション 2 ですとこういうふうにいってこの辺で 0 になる。ですから 20 cmぐらいの所まで何となく減っていますので、この辺がこのデータを使えば堆積速度を出す事が出来る。



堆積年代（year）

一方、ステーション 4 は、これ 2 cmずつ切っておりますけれども、この 3 つ目で既にもうほとんどフラットになります。このデータからはステーション 4 と言うのは非常に堆積速度が遅いという事が分かります。ですからこのステーション 4 のデータを使って堆積速度を出すという事は殆んど難しいという事になります。有明海でもこんなふうに場所が違えばこれだけ違うという事です。



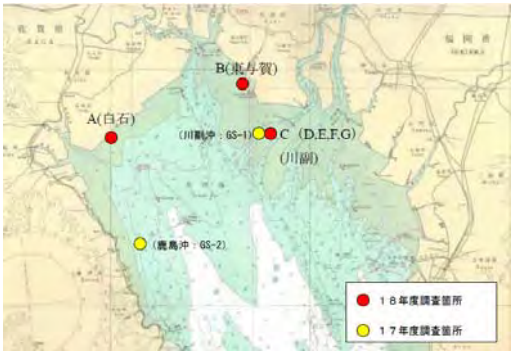
次、放射能による堆積年代測定において注意すべき点という事を 1 つあげています。

放射能による堆積年代測定において注意すべき点

1. 堆積物は圧縮を受けている
2. 表面は物理的・生物的なかく乱がある
3. 人為的なかく乱を受けている可能性がある

まず堆積物は圧縮を受けている。つまり上の方はフカフカでも下の方は密度が詰まっていますから、必ずこの圧縮を受けているので重さに対して堆積年代を出さないといけない。

次、それから表面は物理的、生物的な攪乱がある。つまり泥が表面は混ざっているのです。ですからその所は年代測定には使えない訳です。我々はこの辺を表層混合層と呼んでいますけれども、表層混合層より深い下の部分について堆積年代測定が可能になります。



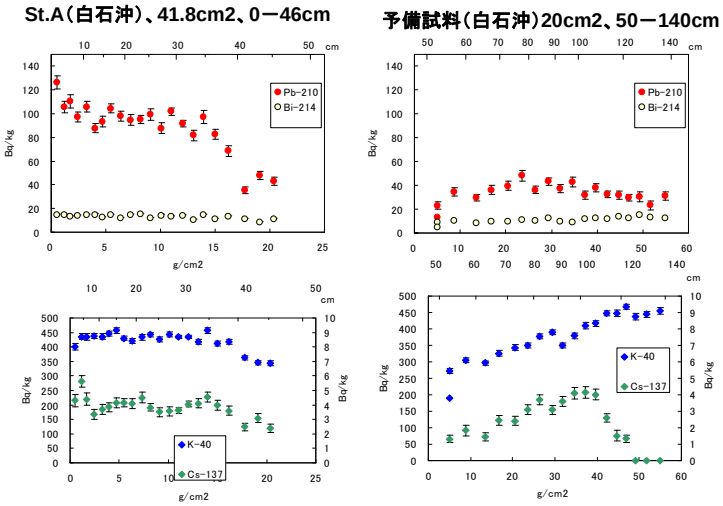
次、それから人為的攪乱を受けている可能性がある。これは先ほどから白石沖のコアの話が出ておりますけれども、それが正しく人為的な攪乱が出ているコアという事になります。それについて少しお話いたします。

次、サンプルはここで採られました白石の A 地点です。

次、この時最初に頂きましたコアはステーション A でこちらのものです。上に深さ方向が書いてあります。50 cmまででした。頂いたコアの鉛 210 を測りますとこうなりましてこの辺かなり一定値という事は混ざっているという事、この辺から下がっていくから、この辺から表層混合層以下でこの辺を使え

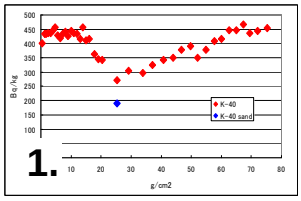
ば宜しかろうというわけになる訳です。ところが一緒に放射能を測りますと、ここにブルーで書いてありますのはカリウム 40 という放射能なのですけれども、これはカリウムの成分その物なのですけれども、これは大体堆積している泥が、成分性質が同じ物であればずっと一定値を示すのです、殆んど。ところがこれは深い所になると下がってくるのです。という事は堆積している質が変わっていっているという事を示しているわけです。それでもう少し深い所のコアがないですかという事でもう 1 つ頂いた試料で、そのすぐそばで採られた物で深さ的には 50 ㎝から 140 ㎝までの物がある。これを測ってみますと鉛 210 の濃度がこんなふうになっている。これもこの辺が低くて上がってまた少し下がるか一定かです。カリウム 40 を見てみますと、少なくて段々上がっていって、ここで大体 450 という放射能になります。ここが元々450 ですから、古い所と表層が同じですから、なんか違うわけです。何か混ざっているという事になります。

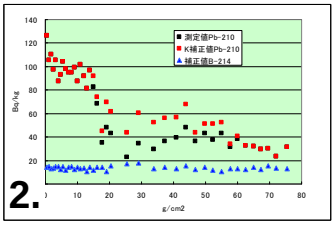
H18年度採取　白石沖A（覆砂有）

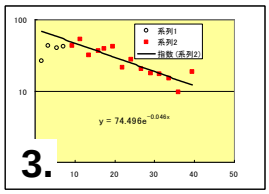


次、これは、コアを繋いでやったらこんなふうになるのです。明らかに何か別の物が混ざっている。それで、ここの一番放射能の値が小さかった所のものを洗浄しました。水で洗って小さい泥の成分を除くと、殆んど貝殻が出てまいりました。という事はここに覆砂された物が、貝殻が主成分であろうという事が分かりました。それでこの貝殻がこういう所にある割合で混ざっているという事を考えまして、このデータとこのデータを使って補正をしまして、実際泥の中の鉛 210 はどれだけの濃度だろうかという事を計算したのがこれです。黒い方です。こういうふうになりました。赤いのが元々の実測値です。あと横軸は深さ方向の重さになっていますけれども、この重さの中にはこの覆砂の重さが入っていますので、この割合から覆砂の重さを補正したのが右側です。これだと大体直線が引けるようになりまして、これから 0.68 グラム／平方㎝／イヤーという堆積速度になったわけです。

1. 覆砂の影響をカリウムから推定
2. 鉛-210濃度を補正
3. 堆積量を補正
4. 堆積速度を計算



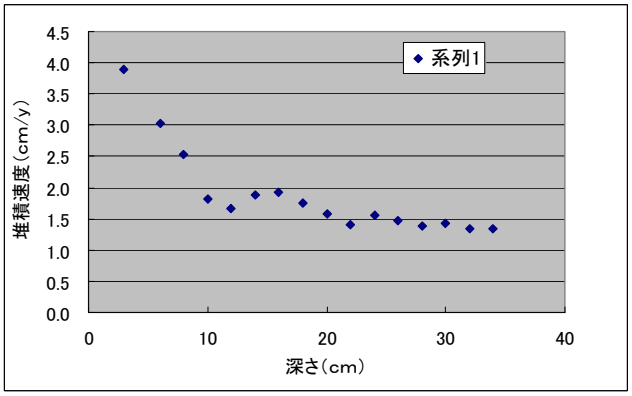




4. **0.68g/cm²/y**

次、このデータが正しいとしますと、深さ

見かけの堆積速度（白石A）



方向をcmでとって、縦軸にみかけの堆積速度を出します。そうすると一番表面の辺りは年間 4 cmぐらい積もっている。但し重さとしては 0.68 グラムという考え方をしています。大体 10 cmぐらい過ぎると圧縮の効果が均一に効いてきているという事になります。1 つ戻って、この辺が鉛 210 の表面の辺ですが、この辺よく混ざっているので、つまりこの辺は、実際は採った年から例えば 10 年ならば 10 年前までにそこに入ってきた泥が表面でずっと混ざっている。それがこの表面混合層より下の所に、つまり混合を受けないような状態になったら、ここのところの情報が過去にずっと蓄積されて残っていくという考え方になります。ここのところは非常に分かりにくいところなのですけれども、その年に積もった物では無くてその年までに入って来て良く混合された物がその年から深い所に入っていくという考え方です。
以上です。

【 松岡先生 】
はい。ありがとうございました。先ほどの白石の質問も速水先生の方からありましたけれども、その今のご説明等でよろしいですか。或いはそれ以上まだご質問ございますか。

【 速水先生 】
さっきの年代はあれで合っていて、間に覆砂があったために非常に分厚く堆積していて、それで 1991 年頃が 60 cmぐらいになっているという、そういう理解でよろしいでしょうか。

【 百島先生 】
覆砂は勿論その年に泥を入れるのですけれど、そういう状態が無くても例えば 10 年分、10 年定常的に泥が流れてきます。そうするとその 10 年間の分がその深さまで混ざっているという事です。そしてその下に混合を受けなくなって下に沈んでいる。そうすると混合層の下の直下の砂は、つまり現在の混合状態の物であるけれども、そこに溜まっている砂は 10 年間分のものが溜まっていると。

【 速水先生 】
10 年間分平均して。

【 百島先生 】
平均して。そうです。そういうふうな捉え方です。

【 速水先生 】
それで、先ほど田端先生の図で大体 60 cmぐらいの所に、1991 年という年代としてあったのですが、その 1991 年というのは。

【 百島先生 】
そうですね。これ見ていただくと良いですね。これでいくと一番落ちているここですね。これは重さで書いていますから、深さでいくと多分 50 cmより下ですから 60 cmとかそれ位がそういう年ですという事になります。

【 速水先生 】

ですが、さっき私の方から言いましたけれども、真ん中あたりに結構他の外から来たものがたくさん入っているので見かけ上分厚くなっていると。

【 百島先生 】
そうですね。

【 速水先生 】
そういう事ですね。

【 松岡先生 】
その外からと言うのは、覆砂をした砂という意味ですか。

【 速水先生 】
覆砂はそういうふうに書いてあったと思うのですけれども。

【 松岡先生 】
覆砂のマテリアルは貝殻を中心とした砂である。

【 速水先生 】
そうしたらそういう意味ですか。

【 百島先生 】
はい。そういう意味です。

【 速水先生 】
分かりました。

【 松岡先生 】
他この年代に関しまして何かご質問とか、コメントとかありましたら。

【 下山先生 】
少し補足したいのですけど。私はこのコアの貝殻をふるいの上で洗っています。今言われた覆砂に洗いをかけますとものすごい量の外洋性の貝殻が出てきます。しかも大量に入っていますので百島先生のおっしゃった通り、覆砂の正体は貝の破片そのものです。

【 松岡先生 】
覆砂をしてから、その覆砂の上に溜まっているものと言うのは覆砂をしてから後に堆積したという説明という事でよろしいのですね

【 百島先生 】

そういう事ですね。

【 松岡先生 】
それが混合されている可能性がある。

【 百島先生 】
覆砂をある年にしたとしましても、その上に溜まっているのはそれ以後ですね。
そういう風に考えていただいて。その下と混ざれば別ですけれども。

【 堤先生 】
それにしても、白石の堆積速度と言うのは１年に２㎝ぐらいですよね。

【 百島先生 】
１年に 1.5 ㎝くらいですか。

【 堤先生 】
と言っても他よりも倍ぐらい早いですね。これ何でこんなに早いのですか。

【 市原氏 】
特に内湾の泥と言うのは基本的に一番堆積速度が速く出る事がありまして、特に泥干潟の場合ですと、とんでもない場所ですと例えば１回波が荒れたりするとその時点で何十㎝とか溜まる事もありますので、決してそれが突出して早いとかいうわけではないという事になります。

【 松岡先生 】
基本的に筑後川の河口から西向きの流れがあって、それが鹿島、白石の所まで到達して沈殿するというようメカニズムというのは。

【 市原氏 】
基本的に一番泥を多く出しているのはそこだと思いますので、基本的には一番大きな河川に関連してくると解釈できるかと思います。

【 堤先生 】
鹿島の堆積速度は白石の半分ぐらいしかないのですね。同じ泥場なのに。

【 市原氏 】
そうですね。0.7 ㎝ぐらいです。

【 堤先生 】
それぐらいだったですよね。ですから何でその白石が高いのかと。

【 市原氏 】
白石は泥の干潟でして、鹿島の方は上部浅海になり、全然セッティングとして堆積環境として異なりますので元々の泥の供給量というのも全然違ってきます。

【 堤先生 】
という事は、白石のもう少し沖合であれば鹿島と同じ位の値が出たという事ですか。

【 市原氏 】
まあそれは、出る可能性もあるとは思いますが、ただ堆積速度の場合、常に同じ一定量で溜まるというふうな事は必ずしも言えませんで、途中で例えば泥ばかりが溜まるような場所でも侵食とかも起きますし、それが実際コアの中で貝殻密集層が出来ていたりするのがそういう侵食による残留効果というのが出ているというようなものも、例えば鹿島沖のコアではありましたので、堆積する時と浸食の時とはそれが長い時間で見た時に、ならすとどれ位の速度という見方が現実に近いのではないかと思います。

【 松岡先生 】
それでは、次に移りたいと思います。堤先生の方から底質環境の変遷という事で粒度組成の変化とかそれから炭素、窒素の安定同位体の変化、或いは TOC の変化そういったものについてご説明をしていただこうと思います。

【 堤先生 】
熊本県立大学の堤です。
私は鉛直方向のサンプルとそれから底生生物のサンプルを頂きました。
その前に九大の下山先生と復建の市原さんと一緒に荒尾の調査をやっておりまして、それが平成 16 年です。それから 17 年 18 年とこちらの佐賀の方のサンプルで来まして、今年一緒に菊池川の大浜と緑川のほうの干潟でもサンプルをジオスライサーと言って、鉛直方向 1 m ぐらいの分析をしているところです。有明海全体を浅い所の堆積環境をこれで見ていく事が出来るのではないかといふうに思っています。唯一ここの干潟の部分、この辺りが空白になっておりまして、これは来年度調査を有明海再生機構の方でやらしていただけるという話を聞いておりますので、そうすると大体グルッと主なところで堆積環境を見ていけるのではないかと思います。
それで元々の私の頭の中にあったのはこれでして、砂利採取量ですね、2000 年以降は殆んど禁止されていますので川砂は採っていないのですが、筑後川を中心に非常に大量に川砂を採っていた。これが有明海の堆積環境をこういうふうにし、生態系にかなりの影響を与えているのではないかというところを、アサリの調査をやっていて感じたところがありまして、その堆積環境を少し時間の長いスケールで見ていかなければならないのではないかという事だったのです。
これは首都大学東京の横山先生という方の研究なのですが、講演要旨集になりますが、これ応用生態工学という雑誌に 2004 年に掲載されている図なのですが、実は 1970 年代に凄くいっぱい砂を採っているように思えるのですが、実は 70 年代ではなく、資料にあったのはもっとずっと先で、実は 1960 年代に相当砂利を採っていたというのがありまして、その影響と言うのは相当あるのではないかというところがあります。こういう色々なサンプルを解析していただきながら、ジオスライサーでやってきました。今白石の話がありましたが、これがまず出てきたサンプルで、荒尾で一番最初にやったところな

のですが、先ほど出てきましたセシウムが 0 から 5 ㎝の所には何も無いです。ですから上に何も堆積していないのではないかという状況がございます。何度か出ていますけれども白石はこれほど高くなく 1.5cm ぐらいとしますと、荒尾は殆ど堆積が止まっていると、川副や鹿島は大体平均 0.7,8 ㎝というふうな結果が出てきております。多分この辺の中間辺りの値を出せば話が出来るのではないかと思います。

その時に中身がどうなっているかという事なのですが、これが泥分と中央粒径値なのですが、そんなに変わっていないなという感じがします。この辺少し飛んでいる所もあるのですが、東与賀に関してまず、この辺りも 10 ㎝ないぐらいの所から急に変化しております。泥が最初溜まっています。この 10 年ぐらいの間に泥が溜まるようになったのではないかと、当然中央粒径値も下がります。川副が同じような時期から粒度が上がっているのです。多分堆積速度からいくと 60ｃｍぐらいの所に昭和 28 年ぐらいの大水害があった時に来るのではないかと思うのですが。その辺で泥が入ってきたというのが考えられるかと思います。その後わりと安定していた時期があるのですが、この 10 年ぐらいの間に川副は、砂の粒径が上がっていて、むしろこちらの方に泥が溜まるようになっているかなという、そういうのが見えるかと。川副の泥分が下がっていますので、下がって粒径が変わってきています。当然、東与賀の方が上がって泥分が上がってそういうのが見えてくる。それがどういう意味なのかというのを考えなければいけないと思うのです。それから有機物含量からいきますと、有機物は段々ゆっくりと分解されていくので、下の方ほど高くなります。先ほどから堆積物を覆砂したところは、砂ですから有機物含量は少ないので、ぐんと下がって覆砂の所は見えますけれども、東与賀は当然泥分が高くなっていますから、有機物含量はぐんと上がります。川副は泥分が下がっていますから、有機物含量はぐんと下がります。白石の方は最近ちょっと長期的に泥分が溜まりつつ、有機物が以前よりも少し溜まりつつあるのかなと、表層の方は元々高くなる傾向はあるのですが、少し増加の率が早いなという感じがいたします。比較するものが無いのでなんとも言えないのですが。炭素の安定同位体元素、ポイントはマイナス 21、この辺りに植物プランクトンの安定同位体があります。ですからここに集約するというのは、有機物は植物プランクトン由来の物が多いという事です。この辺りからこの 10ｃｍぐらいの所から左に動くものが川副と東与賀、白石の方も少しこの点があります。ですからこの 10 年ぐらいのところで植物プランクトン由来の有機物が、表層で増えている可能性があるという感じがいたします。

只これも段々分解をしていきますので、本当はＣ12 の方が先に飛んで行きますので、段々Ｃ13 の方が増えてきますので、深い層になるとエンリッチして左の方からなのですが、逆に深い方ほど左に多少動く可能性があるのですが、深い程右に動いているというのは、最近、植物プランクトン由来が少し高まっているというふうな事が解析されます。

結局こういう事です。ここは砂の堆積が停止していて、こちらに泥分が増加していて、川副は少し砂が粗くなっている。ここに元々泥の堆積が非常に細かく、平たく、早く、大きいだけではなくて有機物含量の少し増える傾向にあるという、同じ泥ですけれどもそういうのが見られるという事です。

それから最後に生物の方でも話がありまして、これはこの前のシンポジウムでも申し上げたのですが、今生きている底生生物を見るとトップがヒラタヌマコダキガイです。白石も東与賀も。それからミズゴマツボという干潟なり少し河口域で出来る小さな巻貝がいますけれども、これもトライミズゴマツボ、これは何かというと外来種です。外来種が実は底生生物の育つような場所で最優占種に来ているのです。有明海はそんなに貿易港があるとは思えないのですが、今一番居るのは外来種で非常に増えてきているという傾向があります。これが一体何にくっ付いて来たのかなと、そういう物に取り付かれているという事が起きているという事がこれから分かります。以上です。写真があります。これがヒラタヌマコダキガイ、トライミズゴマツボです。

【 松岡先生 】
ありがとうございました。今の堤先生のコメントといいますか、発表に何か質問ございませんでしょうか。

【 速水先生 】
コメントを１つと質問が１つなのですが、荒尾の方の堆積が止まっているということは非常に面白いのですが、流れを考えると筑後の浮遊物が南の岸に沿って東岸沿いに運ばれるとは中々考えにくいので、むしろあれは熊本側、そちらの方の川の影響ではないかと思います。コメントでした。
もう１つは質問なのですが、先ほどの同位体の方のデータで表層混合層が上 10ｃｍぐらい程あるという事でしたけれども、堤先生の発表で表層の方で泥が増えた、或いは減った部分、或いは有機物が増えた部分と表層混合層との関係について教えてください。

【 百島先生 】
最初に表層混合層の話をしたいと思いますけれども、鉛 210 は 22.3 年の半減期を持っていますので、その時間スケールでの混合をというふうに考えないといけないものです。ですからもっと半減期の短い放射性核種がございますけれども、そういうものを測ってやるとそういう時間スケールで混合が見えます。ですからここで私が申し上げた 10ｃｍというのが、常にこの数年で混ざったかどうかというのは良く分からない状態であります。

【 松岡先生 】
よろしいですか。

【 堤先生 】
表層混合の所は、私自身はあまり考慮していませんので、そういう傾向が見えるということです。荒尾の干潟の砂が一体何処から来ているのか毎回気になっているのですが、はっきり分かりません。下山先生、分かりませんか。

【 下山先生 】
データが無いので分からないのですが、ただ今回は共同研究のコアを使っていますね。あそこはビーチの近くで行なっているので海岸線に近すぎます。表層混合層について川副と比較するのであればもう少し沖合でもう１本やらないといけないと思います。そういう意味では正当な比較になっていないような気がします。
　　あと、砂の供給源ですが、１つは陸地から砂が新たに供給されたという考えですが、そのほかに元々ある堆積物から砂をひねり出してきたということも少し考えた方がいいのではないかと思います。というのは波浪で砂分だけ残って、泥分が移動するという漂砂現象、シルテーションなどがありますので、それによる砂の供給や二次移動も考えられたら、南側の砂の動きも沿岸流との関係で説明できるかなと思います。

【 松岡先生 】

はい、どうぞ。

【 田端先生 】
先ほどの同位体の方で質問申し上げますが、左側に行けば行くほど植物プランクトンが増えているだろう、右側に行っているからそれ以外、つまり陸上由来の感じであるとのことですが、素人考えで言えばノリの養殖などは殆ど影響ないのですか。

【 堤先生 】
ノリですか。ノリのことは考えてもいなかったのですが、海草のカーボンサーティン比はどの位ですか。

【 下山先生 】
同じ位です。マイナス 22 パーミルぐらいです。

【 速水先生 】
ノリは日大の先生が調べられていて、大体植物プランクトンと同じですね。

【 田端先生 】
プランクトン由来と同じように挙動する。マイナス 22 ぐらいに。

【 瀬口先生 】
一般に今までの既存のデータ、国土交通省とか行政特研のデータを見ますと、大体筑後川の河口域は陸域源の有機物との同位体比が 23 前後です。陸域源のものが多いという報告がされているのですが、今のデータを見ますと、それと矛盾するというか、相反するような結果になっている訳ですが、どうなのでしょうか。このサンプリングのポイントというのがかなり大きく影響してくるのではないかと思うのですが、だからこういうデータで川副を全て代表してしまうという事に対する危険性というか、もう少しデータやサンプリングなど、その海域を代表する様な所でサンプリングしていかないと間違った結論というか、そういう事に行ってしまうのではないかと、データが一人歩きしてですね。

【 堤先生 】
とりあえず川副は沢山取りましたよね。5、6 本取りましたよね。あれを全部はやっていないですから分析を。やってみてもいいですけれど。

【 下山先生 】
お金があればできます

【 堤先生 】
それと現象は 10 年ぐらいで起きているものであればなかなかつかみにくいです。それはもう時間をかけてこれからどういうふうに変化していっているのか、今後 10 年ぐらいで見定めればもう少し確実な傾向が見えてくるのではないかと思いますが。

【 瀬口先生 】
面的な変動はあまり細かく追跡する事は、余り意味がないのではないかという気がしますけれども。

【 堤先生 】
だから短期の変化で起きている事と、長期の変化で起きている事とをどう見分けていくかです。それをちょっと見分けないと、川副などは 30 ㎝ぐらいの所からずっと上がり気味です。黄色の部分です。こういうものが、中々これだけを見て何かを判断はしにくいですが、この辺当たりから何か意味があるのかを他のデータと混ぜ合わせて総合的に判断していくしかないと思います。ただ、これが低くなったのがほんの少し上だから意味がないというふうに思ってしまったら、研究にならないかという気がします。

【 瀬口先生 】
データとしては短期のデータとしては認めるのですけれど。

【 堤先生 】
最近の変化を見ていくと。

【 瀬口先生 】
最近の変化を全体的に捉えるのは少し無理があるのかなと思います。

【 堤先生 】
只、赤潮由来の有機物がどんどん増える傾向があれば、あと 5 年、10 年とデータを取っていけばマイナス 21 ぐらいの所でずっと積み重なっていくのです。そんな事が起きるかもしれません。ですからそれはそれで長く見ていかなければならないかと思いますけれど。

【 大串先生 】
堤先生の最初の辺のスライドでかなり前から川砂の採取があって有明海の方に流れ込む粗い粒子が減ってきたのではないかという指摘があったのですが、その前に色々話された方達の堆積速度の関係から場所的な変化だけではなくて、年代的な堆積速度の変化というものも現れないのかなという気がしたのですが。

【 堤先生 】
そういう意味で私も意外だったのは、これだけ砂を取っているのに、特にこの筑後川の取り方というのは 60、70、80 年の 30 年間を合わせると自然に発生する砂の量の 3 倍ぐらいになるのです。ですから国土交通省の筑後川の事務所の方に聞いても、砂などは殆ど減っていなかったですと、当然のごとく言われたのですが、その割には川副の堆積速度が、普通の堆積速度が出たのです。ですからそれが意外だったのです。もっと少ない値が出ると思っていたのですが、一番河口に近い所ですから、ここ位までは来ていたのかなと、だからこの辺りには違いが、何か差が出てくるのかと思ったのです。泥の堆積に関しては殆ど変化がなく、鹿島などは昔から同じような速度で同じような泥が静かに積もってきた、そ

ういう所だというのは良く分かって来ています。

【 松岡先生 】
大串先生の今の指摘は、私は重要だと思います。1つは水産研究所のメンバーが、同じ鉛210を使って堆積速度を調べていまして、1980 年代ぐらいに鹿島沖ですが堆積速度に変化が見られるというような講演集がありますので、恐らく今我々がやっているやり方というのは全部鉛210の減衰曲線をベースにして堆積速度を出していますけれども、それを細かく見て行く事によってその変化というのは追えるだろう思いますが、それは今後の我々の課題という形でやるべきだと思っています。

【 大串先生 】
恐らく海水中に含まれる色んな粒径粒子の状態というのがかなり影響していて、場所によっても堆積速度が速かったり、遅かったりしますけれども、それが陸域から供給される　　粒子の質によっても変わってくるのではないかという感じがします。結果はまだ出ていませんが、もう少し細かい調査は必要かなとは思います。

【 田端先生 】
大串先生と同じ事を言おうかと思ったのですが、色々私も深さ毎に金属濃度を出しました。ある時に、急に変化しているように見えるのです。しかしながら、それは当然堆積速度も入っています。もしそうするならば、ある5㎝ならば5㎝に対して何年かかっているかという堆積速度で割った値をデータにした方が実際の自然のものか、或いは異常現象として濃縮が起こっているかというのが分かるのではないかと思います。

【 松岡先生 】
かなり時間も経ってきたのですが、積み残しました問題が、速水先生から私の話の所で質問がありましたので、それを少しお願いします。

【 速水先生 】
コメントと質問の両方があったと思うのです。コメントですが、堤先生の方から陸域からの負荷量が変わっていないというお話があったのですが、これは環境省の方の資料を見ると、1970 年代は1回増えているのです。有明海全体に対して。それで80年代から90年代にかけて確かに変化が無くなった。横ばいになった。そして最近又減ってきたというので鉛直方向の変化というのが正にその変化になっているのではないかという印象を持ちました。
お聞きしたかったことが2点あって、1つは今ここで議論があったわけですけれども、窒素のコンセントレーションイコール窒素の負荷値と見ていいのかどうかということです。

【 松岡先生 】
それは横から運ばれて来たりしますので、プロダクティビティそのものを現しているというふうには直接には行かないと思いますけれども、そこはエイヤーという考え方で、そういう見方で、1つは数字で議論しているのでは無くて、傾向毎に議論させてもらっていますので、そこで数値をどの様に解釈するかという事については堤先生からご指摘があったような統計学的な事を充分に考慮して進むべきだ

と思っていまして、現時点ではそういう全体的な傾向というものを判断していると、そういうふうにお考えいただけたらと思います。

【 速水先生 】
もしかしたら、これをコンセントレーションでは無くて堆積速度で割ってやると傾向が変わってくる可能性が無きにしもあらずという気がするのですが。

【 松岡先生 】
そこを今後の課題としてやってみたいと思います。
色々と議論を進めてまいりましてまだまだ議論をやらないといけないところが幾つかあるのですが、今日は公開の分科会と言う事で、色んな方々にもお見えになっていただいておりますので、皆様方から何かご質問とか或いはコメントとか、こういうふうに進めるべきではないかというご意見がありましたら忌憚なくいただきたいと思いますのでよろしくお願いいたします。

【 会場質問者 】
松岡先生に教えていただきたいのですが、有明海で富栄養化が進み珪藻赤潮も増えている。渦鞭毛藻による赤潮も増えているという趣旨だったと思うのですが、有明海の栄養塩濃度、これをノリ関係の機関でやっているのですが、栄養塩は無機態窒素を測っているのですが、無機態窒素については近年減少傾向にあるのではないかと私はそう思うのです。その陸水や雨から供給される窒素の全体量というのは、これは無機態、有機態両方を踏まえていると思いますが、これがトータルでは変わらない。しかし無機態窒素が減って、有機態窒素が増えているというそういう傾向はないのでしょうか。その辺をお尋ねしたいのですが。

【 松岡先生 】
私の分析からは窒素の特に三態の窒素のどういうものが増えて、どういうものが減るかということまで解析を進めることが出来ないですけれども、１つ考えられる事は、やはり外部からというか河川等からの供給ではなくて、内部の中で栄養、特に窒素の循環のパターンが変わっている。つまり堆積物の中から貧酸素水塊の出現によって、溶出してきたりするというようなそういう作用といいますか、そういったものがある時期に、私の今までの研究の結果で言いますと 1970 年代、そういう頃から顕著になってきているのではないかというふうに今のところ推察しています。予想しています。それでどういう窒素の形態が増えたのか、そこまでは私の分析の結果からは申し上げることが出来ないというのが現在の状況でございます。その辺り何か皆さん方の方からコメント等ありましたらお願いしたいのですが。

【 速水先生 】
秋から冬にかけて確かに栄養塩は低下傾向にあります。これは一方で赤潮が増えているのです。赤潮が増える、植物プランクトンが増殖すると無機の栄養塩が取られますので、特に冬に入ってからからの栄養塩低下というのは、赤潮が増えてきている。植物プランクトンの生産が増えてきて重病になってきているということの裏返しではないかと推察しています。

【 松岡先生 】

よろしいでしょうか。

【 会場質問者 】
私はそうは思っていないのです。無機態窒素は明らかに減ってきているのです。植物プランクトンに吸収されて減っているという事ではない様に私は思います。もしそうならば植物プランクトンを採集されて、どういうプランクトンの種類なのか、量はどれくらいなのか、そういう事の研究が伴っていなければならないであろうと思います。

【 松岡先生 】
今のコメントも踏まえてこれからの研究のデザインも考えていかなければいけないかと思います。ありがとうございました。他は何か。

【 会場質問者 】
佐賀大学の日野です。今日非常に勉強させていただいて大変参考になったのですが、この調査の中で特に今日の議論の中で表層部分の混合層ですとか底質の特性などについてご議論を拝聴していたのですが、もう少し地盤工学的な視点で、堆積メカニズムですとかそういったものを、ここまで非常に細かな調査がされていますから、されると良いのではないかと思います。
具体的には干潟の表層の方からコーンを刺したりするせん断調査ですとか、底質の密度が分かる調査法がありまして､確かこれは 17 年度の NPO さんの方で信州大学の梅崎先生が発表されたかと思うのですが、ラジオアイソトープコーンという、我々現地調査でその場所の強度を測定したり、或いは湿潤率とか含水量とかを測定できる調査方法もありまして、有明海の場合そういった方法が有効だという事を当時信州大学の梅崎先生がされたと思います。
そういった調査を、例えば、今後のご計画を拝見すると平成 20 年度には広域調査が計画されているようですから、予算の都合もあるかと思うのですが、もし可能であればもう少しこのような調査を追加されると、今日結構議論になっていた表層部分の混合層のメカニズムをもう少し解明できるのかなと思いました。もし検討の余地があればご検討いただければと思います。

【 松岡先生 】
はい、どうぞ。

【 速水先生 】
最初の方で久保さんの方から説明があった事業内容の（2）の方ですが、モデルパラメーターに係る現地データの収集というところで現在、毎月せん断強度を測っております。

【 会場質問者 】
密度は測っていますか。

【 速水先生 】
密度、含水比。粒度組成は年に 2 回だけですが、あまり変わらないだろうということですが押えています。

【 会場質問者 】
コンシステンシー限界か、塑性限界かという事です。

【 速水先生 】
その辺は私の専門でないので良く分からないのですが、共同研究者が行なっているので。

【 会場質問者 】
分かりました。

【 速水先生 】
又その辺は大学に戻ってからアドバイスいただければと思います。

【 瀬口先生 】
それは測ってないと思います。塑性限界か、コンシステンシー限界かは。

【 松岡先生 】
それも我々のこのグループの中で何処まで、どの辺りまでカバー出来るかという事もありますが、私一人が考えていますのは底生生物の存在様式というのを考えようと思いますと、表層部の浮泥層というものが非常に大きなポイントになろうかと思います。タイラギもそうですけれども、湾奥部の方で浮泥層がどのような挙動をしているのかという事を、面的にまだ調べられたデータが無いように思いまして、一部佐賀大学で浮泥層の厚さを測っておられるのは承知しているのですが、それを広域的にやっているといった様な基本的なデータもまだ見えないようですので、この分科会でカバーできるかどうかは分かりませんが、やはり有明海の底質の状況を把握するためには、今ご指摘いただいたような事も視野に入れて調査研究を進めないといけないとは思っております。ありがとうございました。
他はいかがでしょうか。

【 会場質問者 】
この有明海再生機構の研究というのは楠田教授が挨拶をされたように、漁業者が生活できるような有明海にしなければならない。それだけではなくて、その次の世代の漁業者も生活できるようにしなければならないという事が目的であるというふうに講演されたことがあるのですが、その目的は今も変わっていないだろうと思います。
従いまして、今日は泥の分析を研究した発表が多かったのですが、諫早湾内に入りますと中央域に観測塔のやぐらがあるわけですが、この地点の泥もコアサンプルの中に入れていただきたいわけであります。私は今日、諫早湾内ではなくて調整池内で採取した泥の写真を持ってきたわけですが、調整池の泥というのは全部ヘドロなのです。ヘドロ化しています。前は綺麗な黄色い泥だったのが、現在ではヘドロ化しているのであります。この泥が排水門から諫早湾内に出て堆積している可能性があります。諫早湾内というのは、昔はタイラギ漁場が４か所にあったのです。神代とマイヤ（？）とか竹ノ崎、もう１つあったわけですが、最近ではもちろんタイラギが居なませんし、タイラギ漁というのは潜水夫が鉄の靴で踏むと、２ｃｍくらい埋まるが、今、潜水夫が歩いたら恐らく歩けないだろう。干拓事務所と漁業

者が直接話し合っているのですが、干拓事務所の職員の中には正直な方が居られまして、あそこは深い所では 6mぐらいの汚れた泥が堆積していますよとはっきり言う人もいるわけです。以前はタイラギ漁場であった諫早湾内の泥を、そういう泥は非常にふわふわしている状態でして、私は 3 回今までに採取しましたが、そういうデータも合わせて研究していただきたいと考えています。

【 松岡先生 】

ありがとうございました。

諫早湾の底質の研究をどういうふうに進めていくかという事も、又今後この分科会の中で議論させていただいたらと思いますが、１つは諫早湾の調整事務所のデータがございまして、潮受堤防の前面というのは、やはり今おっしゃられた通りかなり底質が悪化している。泥の堆積物がかなり厚く堆積しているという事が言われておりまして、そういう様なデータも参考にしていく必要があるかとは思っております。

他はよろしいでしょうか。少し消化不良のところもあり、又時間も多少延びてしまいましたけれども、研究面の紹介につきましてはこれで終了させていただきたいと思います。

【 事務局　】

松岡先生、ご進行ありがとうございました。又、先生方に置かれましては、長時間ご議論大変お疲れ様でした。事務局としましては本日の干潟分科会で貴重なご意見をいただきましたので、これを後日、冊子等に取りまとめたいと思っております。

参加の皆様、長時間今日はありがとうございました。

これで終了したいと思います。どうもありがとうございました。

○正会員

有明海再生に関する研究を学術的に行う大学等の研究者の方々です。

再生機構の目的にご賛同いただき、再生機構活動の推進役としてご活躍いただいております。

（平成 19 年 9 月末現在）（順不同、敬称略）

氏名	所属	職名	専門分野
楠田　哲也	九州大学　大学院工学研究院	特任教授	環境工学
荒牧　軍治	佐賀大学　理工学部都市工学科	教授	構造工学、地震工学
松岡　數充	長崎大学　環東シナ海海洋環境資源研究センター	副学長	海洋微古生物学
瀬口　昌洋	佐賀大学　農学部	教授	浅海干潟環境学
中田　英昭	長崎大学　水産学部	学部長	生物環境学
鬼頭　鈞	水産大学校　名誉教授	名誉教授	藻類学（ノリ養殖）
大和田　紘一	熊本県立大学　環境共生学部	学部長	海洋微古生物学
多田　彰秀	長崎大学　工学部社会開発工学部	教授	水工学
大串　浩一郎	佐賀大学　理工学部都市工学科	准教授	水理学、リモートセンシング
山西　博幸	佐賀大学　低平地研究センター	准教授	環境工学
田端　正明	佐賀大学　理工学部機能物質化学科	教授	分析化学、環境化学
加藤　治	佐賀大学　農学部（元）	教授	環境情報工学、水理学
日野　剛徳	佐賀大学　低平地研究センター	講師	低平地地圏環境学
玉置　昭夫	長崎大学　水産学部	教授	海洋ベントス生態学
野口　正人	長崎大学　工学部	教授	水環境工学、河川工学
森　敬介	九州大学　大学院理学府附属臨海実験所	助教	海洋生態学
平田　登基男	鹿児島工業高等専門学校	教授	廃棄物工学、都市計画
堤　裕昭	熊本県立大学　環境共生学部	教授	海洋生態学
石松　惇	長崎大学　環東シナ海海洋環境資源研究センター	教授	環境生理学
山中　寿朗	九州大学大学院比較社会分科研究化	助教	地球化学、地質学
梅崎　健夫	信州大学工学部社会開発工学科	准教授	地盤工学、土木工学
小松　利光	九州大学　大学院工学研究院	教授	環境水理学
速水　祐一	佐賀大学　有明海総合研究プロジェクト	准教授	沿岸海洋学、陸水学
本城　凡夫	九州大学　大学院農学研究院	教授	赤潮、貝毒
下山　正一	九州大学　大学院理学研究院	助教	地質学、古環境学
山本　浩一	佐賀大学　有明海総合研究プロジェクト	講師	水質・底質
濱田　孝治	佐賀大学　有明海総合研究プロジェクト	講師	沿岸海洋学

支援会員のご紹介

NPO 法人有明海再生機構は、団体、個人等各界のご支援を得て平成 17 年 6 月に発足し、有明海再生に向けて大学、国、県の研究機関や企業等と連携して調査研究やシンポジウムの開催など意欲的に活動しております。

※ 平成 19 年 11 月末現在で会費を納入いただいている会員のうち、掲載についてご承諾いただいた会員名のみ掲載（五十音・敬称略）

○支援会員（企業・団体）

味の素(株) 九州事業所
池田建設工業(株) 佐賀営業所
いであ(株) 九州支店
(株)エスジー技術コンサルタント
王子板紙(株) 佐賀工場
岡本建設(株)
環境保全(株) 九州支社
(財)九州環境管理協会
(株)九州コーユー
(財)九州産業衛生協会
九州積水工業(株)
九州電力(株)
(株)九電工 佐賀支店
(株)建設技術研究所 九州支社
(株)建設技術センター
国際技術コンサルタント(株)
五洋建設(株) 佐賀営業所
佐賀県有明海沿岸市町水産振興協議会
佐賀県有明海漁業協同組合
(財)佐賀県環境科学検査協会
(社)佐賀県県土づくりコンサルタンツ協会
(財)佐賀県土木建築技術協会
(株)佐賀銀行
佐賀三洋工業(株)
(株)佐電工
佐賀リコー(株)
(株)サン海苔
(株)SUMCO 九州事業所
(株)下村建設
(株)精工コンサルタント
(株)大義建設
大成建設(株) 九州支店
(株)高森組
第一製網(株)
東亜工機(株)
(株)東京久栄 福岡支店
(株)東京建設コンサルタント 九州支店
東洋建設(株) 九州支店
(株)戸上電機製作所
(株)中野建設
西鉄シー・イー・コンサルタント(株)
西日本技術開発(株)
西松建設(株)九州支店
(株)日水コン
日東製網 (株)
日本建設技術(株)
日本地研(株)
深町建設(株)
(株) 福岡商店
(株) 富士建設
藤永建設(株)
復建調査設計(株) 福岡支社
芙蓉海洋開発(株) 九州センター
扶桑化学工業(株) 福岡営業所
増田建設(株)
松尾建設(株)
(株)丸福建設
(株)ミゾタ
みらい建設工業(株) 九州支店
牟田建設(株)

○支援会員（個人）

上村 洋司
江口 隆陽
鬼橋 進
片岡 稔
川上 義幸
川崎 俊広
久保 順治
崎田 松男
角田 勝民
多久島 正孝
武富 一三
筒井 善一
中島 英男
中野 啓
野田 浩
服部 二朗
藤井 弘治
松岡 正章
吉津 憲
吉村 弘美

支援会員募集のご案内

有明海の再生を願い当機構の主旨にご賛同いただき、活動を支援してくださる支援会員（企業・団体・個人）を募集しております。

年会費：企業・団体・・・一口 5万円　個人・・・一口 1万円

※詳しくは事務局までお問い合わせ下さい。